

# Manuale per la pianificazione dell'evacuazione in caso di tsunami

SCHEMA (Scenarios for Hazard-induced Emergencies Management),  
Progetto n° 030963, Specific Targeted Research Project, Space Priority

S. Scheer, A. Gardi, R. Guillande, G. Eftichidis, V. Varela, B. de Vanssay,  
L. Colbeau-Justin



EUR 24707 IT - 2011

La missione del JRC-IPSC è di fornire risultati scientifici e di dare supporto agli organi dell'UE per le attività che svolgono nel campo della sicurezza globale e nel campo della protezione dei cittadini europei da incidenti, da attacchi deliberati, da azioni fraudolente e illegali contro le politiche europee.

Commissione Europea  
Centro Comune di Ricerca  
Istituto per la protezione e la sicurezza dei cittadini

#### **Contatti**

Indirizzo: Stefan Scheer, TP 361, Via Enrico Fermi, 2749, 21027 Ispra, Italia  
E-mail: stefan.scheer@jrc.ec.europa.eu  
Tel.: +39 0332785683  
Fax: +39 0332785813

<http://ipsc.jrc.ec.europa.eu/>  
<http://www.jrc.ec.europa.eu/>

#### **Nota legale**

Né la Commissione Europea, né nessun'altra persona che agisce per conto della Commissione, è responsabile per l'uso che verrà fatto di questa pubblicazione.

***Europe Direct è un servizio per aiutarti a trovare le risposte  
alle tue domande sull'Unione Europea***

**Numero Verde (\*):**

**00 800 6 7 8 9 10 11**

(\*) Alcuni operatori di telefonia mobile non consentono l'accesso a numeri del tipo 00 800 o queste chiamate possono essere accreditate.

Ulteriori informazioni sull'Unione Europea sono disponibili in rete.  
Possono essere consultate tramite il server dell'Europa all'indirizzo <http://europa.eu/>

JRC 61202

EUR 24707 IT  
ISBN 978-92-79-19088-9  
ISSN 1018-5593  
doi:10.2788/34651

Luxembourg: Publications Office of the European Union

© European Union, 2011

La riproduzione è autorizzata se la fonte viene riconosciuta  
*Stampato in Italia*

## **Ringraziamenti**

*La ricerca che ha portato a questi risultati è stata finanziata dal programma FP6 (Sixth Framework Programme) della Comunità Europea con il contratto n° SST5-CT-2006-030963.*

*Gli autori ringraziano sentitamente tutte le numerose persone degli istituti o società partner del progetto che in questi ultimi anni sono stati coinvolti in un modo o nell'altro nella finalizzazione di questo manuale.*

*Un ringraziamento particolare al Dr. François SCHINDELE, esaminatore principale del progetto per conto della Commissione Europea, per i suoi commenti costruttivi durante le fasi finali di stesura e per il suo contributo al capitolo riguardante i lavori e le raccomandazioni della Commissione Oceanografica Intergovernativa (IOC) dell'UNESCO.*

*La gratitudine degli autori e' inoltre rivolta al Dr. Mats LJUNGQVIST, responsabile del progetto presso la Commissione Europea, per la sua pazienza e il suo continuo incoraggiamento, fondamentali per il buon esito del progetto.*

*Buona parte del lavoro realizzato sul sito test di Setubal (Portogallo) non sarebbe stata possibile senza la disponibilità delle autorità della città di Setubal. Esprimiamo tutta la nostra riconoscenza per il loro coinvolgimento e il loro supporto nel contattare e riunire le varie persone interessate a questo studio, e anche per la loro cordiale accoglienza in occasione dell'ultimo workshop pubblico del progetto.*

*Si ringraziano infine ACRI-ST, Francia (nelle persone di Olivia LESNE, Antoine MANGIN, Camille RENOU e Frédéric ROUFFI) e CRTS, Marocco (Abderrahman ATILLAH, Driss EL HADANI e Hicham MOUDNI), per avere fornito due figure illustranti i risultati ottenuti per il sito test di Rabat (Marocco).*

## **Autori:**

Stefan Scheer, Commissione Europea. Joint Research Centre, Ispra, Italia

Annalisa Gardi, GEOSCIENCES CONSULTANTS sarl, Parigi, Francia

Richard Guillande, GEOSCIENCES CONSULTANTS sarl, Parigi, Francia

George Eftichidis, ALGOSYSTEMS, Atene, Grecia

Vassiliki Varela, ALGOSYSTEMS, Atene, Grecia

Bernadette de Vannsay, GEOSCIENCES CONSULTANTS sarl, Parigi, Francia

Ludvina Colbeau-Justin, GEOSCIENCES CONSULTANTS sarl, Parigi, Francia

**Libera traduzione in italiano curata da Lidia Bressan e da Stefano Tinti, Dipartimento di Fisica, Settore di Geofisica, Università di Bologna, Italia.**

# Indice

Sommario .....	5
1 Strategie per la riduzione del rischio dei maremoti .....	6
1.1 Basi scientifiche del processo decisionale degli allarmi di maremoto.....	6
1.2 Il piano di evacuazione: obiettivi.....	7
1.3 Che cos'è un piano di evacuazione ?.....	7
1.4 Il piano di evacuazione come parte di una strategia che comprende un sistema di allarme, la preparazione e la consapevolezza del pericolo .....	8
1.5 Le procedure adottate attualmente in altri stati .....	8
1.6 UNESCO – IOC .....	12
1.7 Concetti per la progettazione di piani di evacuazione specifici .....	13
2 Metodologia per la pianificazione dell'evacuazione .....	15
2.1 Aspetti generali .....	15
2.2 Analisi di rischio e di impatto per la definizione della base del piano di evacuazione e input (fase 1) .....	15
2.3 Pianificazione di evacuazione e la sua implementazione (fase 2) .....	22
2.4 Adozione del piano di evacuazione, monitoraggio e aggiornamento (fase 3).....	29
3 Aspetti sociologici di accettazione del pericolo e dell'evacuazione: analisi dell'area campione di SCHEMA a Setúbal (Portogallo).....	32
3.1 Contesto e presentazione dello studio .....	32
3.2 Impatto dei comportamenti nel contesto specifico di Setúbal.....	32
3.3 Metodi di indagine utilizzati a Setúbal.....	33
3.4 Risultati da entrambe le indagini sottolineano specifiche debolezze.....	34
3.5 Conclusioni .....	36
4 Difficoltà e limiti .....	38
4.1 Assenza di un sistema di allarme .....	38
4.2 Assenza di strumenti di analisi .....	38
4.3 Assenza dei siti rifugio.....	38
4.4 Mancanza di accettazione da parte della popolazione.....	39
4.5 Mancanza di accettazione da parte dei responsabili.....	39
4.6 Evacuazione della popolazione con bisogni speciali .....	39
4.7 Limiti degli allarmi di maremoto .....	40
5 Bibliografia.....	42
6 Appendice.....	44
6.1 Presentazione del progetto SCHEMA.....	44
6.2 Consorzio di SCHEMA.....	45
6.3 Classificazione degli edifici a seconda della loro vulnerabilità.....	46
6.4 Classificazione dei danni degli edifici .....	47
6.5 Questionario usato per lo studio condotto a Setúbal .....	48
7 Elenco delle Figure.....	51
8 Elenco delle Tabelle.....	51

## Sommario

Questo lavoro ha lo scopo di fornire informazioni pratiche e accurate ed una metodologia onnicomprensiva per realizzare piani di evacuazione in caso di maremoto. A tal fine, ai responsabili delle comunità locali viene fornita una guida dettagliata per implementare un piano di evacuazione efficace in tre passi successivi: la definizione di un primo progetto per un piano di evacuazione, la revisione a medio e lungo termine e l'integrazione.

La valutazione del rischio locale di maremoto e tutte le implicazioni conseguenti per la pianificazione dell'evacuazione sono basate su (1) la conoscenza dell'altezza dell'onda di maremoto attesa, e (2) il tempo di arrivo atteso della prima onda distruttiva di maremoto. Il primo parametro aiuta a calcolare l'estensione dell'area a rischio; il secondo parametro fornisce un'indicazione su quanto rapide debbano essere le misure di evacuazione.

L'evacuazione richiede la definizione di una rete di strade o percorsi appropriati. In questo contesto, se necessario, per realizzare un piano di evacuazione che funzioni completamente e che adempia ai requisiti di base, la metodologia prevede anche la progettazione di eventuali vie di fuga aggiuntive e/o di siti di sicurezza. I siti di sicurezza (rifugi) sono luoghi situati in alto, su terreno naturale, o sono delle costruzioni, tra le quali possiamo comprendere anche gli edifici più alti di tre piani.

La metodologia spiega inoltre come implementare un progetto valido per un piano di evacuazione con la segnalazione delle vie di fuga e dei rifugi identificati, e come comunicare tutte queste informazioni alla popolazione interessata.

Una volta predisposto, il piano di evacuazione deve essere tenuto aggiornato costantemente attraverso revisioni periodiche di medio termine e le autorità devono garantire di adottare misure appropriate. La revisione a lungo termine infine tiene conto di tutte le altre informazioni necessarie al corretto svolgimento del piano di evacuazione: integrazione con i sistemi di primo allarme (early-warning), integrazione con altri piani di emergenza, controllo degli obblighi legali. In linea di principio, l'intero piano di evacuazione dovrebbe essere riesaminato insieme alla popolazione interessata al fine di ottenere il massimo consenso e la massima divulgazione. In questo contesto, se necessario, possono essere fatti degli adattamenti per garantire il buon funzionamento dell'intero piano.

Il manuale inoltre presenta i risultati raccolti durante le interviste di persone potenzialmente a rischio di maremoto nella città di Setúbal, in Portogallo, e si conclude menzionando le limitazioni e le difficoltà che si possono incontrare durante la progettazione di un piano di evacuazione.

Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto SCHEMA (SCenarios for Hazard-induced Emergencies MAnagement, [www.schemaproject.org](http://www.schemaproject.org)), cofinanziato dal programma europeo FP6. La descrizione degli scopi del progetto, dei risultati ottenuti e la lista dei partecipanti si trovano in appendice.

# 1 Strategie per la riduzione del rischio dei maremoti

## 1.1 Basi scientifiche del processo decisionale degli allarmi di maremoto

### 1.1.1 Come valutare il livello di esposizione della popolazione: uso degli scenari

Il rischio associato ad un maremoto che attacca un tratto di costa dipende dalla probabilità che il maremoto arrivi con onde distruttive (ad esempio dall'altezza massima dell'onda attesa) combinato con il grado di vulnerabilità degli elementi esposti (edifici, vite umane, linee di comunicazione e ambiente).

Il progetto SCHEMA si basa sull'uso di scenari realistici per la generazione di potenziali onde di maremoto. Questi scenari possono essere selezionati sulla base di eventi di maremoto storici (per esempio i maremoti causati dal terremoto di Lisbona del 1755 o dalla frana del 1979 a Nizza) o di conoscenze scientifiche (per esempio la conoscenza di faglie attive sottomarine o di pendii sottomarini instabili).

Siccome per ogni località possono esistere diversi scenari, nel progetto SCHEMA è stato concordato [Tinti et al., 2010] di considerare il peggiore scenario possibile, e basandosi su di esso mediante modelli numerici si possono ottenere le seguenti informazioni: la massima altezza d'onda attesa, il massimo run-up (ovvero la massima altezza a terra raggiunta dalle onde di maremoto), l'area a terra soggetta ad inondazione, la massima velocità delle correnti associate al maremoto, il massimo ritiro del mare. Tra l'altro, queste informazioni permettono di verificare la stabilità degli edifici esposti e di selezionare le costruzioni che non crolleranno sotto l'azione del maremoto.

### 1.1.2 Influenza della distanza dalla sorgente e efficacia dell'allerta precoce (early warning)

Il tempo utile all'evacuazione dipende dalla distanza dalla sorgente (terremoto, frana, eruzione vulcanica) e dall'esistenza o dall'efficacia di un sistema di allarme per maremoti.

Lungo il bacino del Mediterraneo, moltissime località sono esposte a maremoti vicini (a una distanza dalla sorgente inferiore a 400 km). Nelle peggiori situazioni, il tempo utile per dare un allarme è minimo (fino a 5 minuti). In altri bacini, un allarme di maremoto può anticipare di varie ore l'arrivo delle onde pericolose. I

messaggi da 1 a 3, per esempio, mostrano un allarme per un maremoto trans-oceanico nell'oceano Pacifico lanciato dopo il terremoto di febbraio 2010 al largo della costa cilena.

Gli allarmi di maremoto vengono emessi dopo che è stato registrato un terremoto sottomarino di magnitudo superiore ad una data soglia e confermati dopo la registrazione di onde di maremoto con metodi appropriati.

TSUNAMI BULLETIN NUMBER 017  
PACIFIC TSUNAMI WARNING CENTER/NOAA/NWS  
ISSUED AT 2241Z 27 FEB 2010

THIS BULLETIN APPLIES TO AREAS WITHIN AND BORDERING THE PACIFIC OCEAN AND ADJACENT SEAS...EXCEPT ALASKA...BRITISH COLUMBIA... WASHINGTON...OREGON AND CALIFORNIA.

... A WIDESPREAD TSUNAMI WARNING IS IN EFFECT ...

A TSUNAMI WARNING IS IN EFFECT FOR

CHILE / PERU / ECUADOR / COLOMBIA / ANTARCTICA / PANAMA / COSTA RICA / NICARAGUA / PITCAIRN / HONDURAS / EL SALVADOR / GUATEMALA / FR. POLYNESIA / MEXICO / COOK ISLANDS / KIRIBATI / KERMADEC IS / NIUE / NEW ZEALAND / TONGA / AMERICAN SAMOA / SAMOA / JARVIS IS. / WALLIS-FUTUNA / TOKELAU / FIJI / AUSTRALIA / HAWAII / PALMYRA IS. / TUVALU / VANUATU / HOWLAND-BAKER / NEW CALEDONIA / JOHNSTON IS. / SOLOMON IS. / NAURU / MARSHALL IS. / MIDWAY IS. / KOSRAE / PAPUA NEW GUINEA / POHNPEI / WAKE IS. / CHUUK / RUSSIA / MARCUS IS. / INDONESIA / N. MARIANAS / GUAM / YAP / BELAU / JAPAN / PHILIPPINES / CHINESE TAIPEI

THIS BULLETIN IS ISSUED AS ADVICE TO GOVERNMENT AGENCIES. ONLY NATIONAL AND LOCAL GOVERNMENT AGENCIES HAVE THE AUTHORITY TO MAKE DECISIONS REGARDING THE OFFICIAL STATE OF ALERT IN THEIR AREA AND ANY ACTIONS TO BE TAKEN IN RESPONSE.

AN EARTHQUAKE HAS OCCURRED WITH THESE PRELIMINARY PARAMETERS

ORIGIN TIME - 0634Z 27 FEB 2010  
COORDINATES - 36.1 SOUTH 72.6 WEST  
DEPTH - 55 KM  
LOCATION - NEAR COAST OF CENTRAL CHILE  
MAGNITUDE - 8.8

**Messaggio 1: Messaggio di allarme maremoto emesso in occasione del terremoto del Cile (27 febbraio 2010) dal centro di allarme del Pacifico (Pacific Tsunami Warning Center)**



MEASUREMENTS OR REPORTS OF TSUNAMI WAVE ACTIVITY					
GAUGE LOCATION	LAT	LONG	TIME	AMPL	PER
NUKUALOFA TO	21.1S	175.2W	2024Z	0.10M / 0.3FT	62MIN
KAWAIIHAE HAWAII	20.0N	155.8W	2211Z	0.52M / 1.7FT	24MIN
BARBERS PT HI	21.3N	158.1W	2140Z	0.19M / 0.6FT	76MIN
KAUMALAPAU HAWAII	20.8N	156.9W	2136Z	0.18M / 0.6FT	56MIN
KAHULUI MAUI	20.9N	156.5W	2147Z	0.98M / 3.2FT	22MIN
NAWILIWILI KAUAI	22.0N	159.4W	2151Z	0.28M / 0.9FT	44MIN
PAGO PAGO AS	14.3S	170.7W	2132Z	0.66M / 2.2FT	12MIN
MONTEREY HARBOR CA	36.6N	121.9W	2031Z	0.32M / 1.1FT	56MIN
SANTA MONICA CA	34.0N	118.5W	2035Z	0.41M / 1.4FT	32MIN
SANTA BARBARA CA	34.4N	119.7W	2029Z	0.22M / 0.7FT	48MIN
SAN DIEGO CA	32.7N	117.2W	2036Z	0.13M / 0.4FT	20MIN
APIA UPOLU WS	13.8S	171.8W	2018Z	0.16M / 0.5FT	16MIN
RAROTONGA CK	21.2S	159.8W	1907Z	0.15M / 0.5FT	24MIN
ACAPULCO MX	16.8N	99.9W	1931Z	0.62M / 2.0FT	26MIN
DART SAN DIEGO 4641	32.2N	120.7W	1931Z	0.06M / 0.2FT	24MIN
LOTTIN PT NZ	37.6S	178.2E	1934Z	0.15M / 0.5FT	10MIN
RAROTONGA CK	21.2S	159.8W	1918Z	0.32M / 1.0FT	06MIN
CABO SAN LUCAS MX	22.9N	109.9W	1833Z	0.36M / 1.2FT	12MIN
DART TONGA 51426	23.0S	168.1W	1844Z	0.04M / 0.1FT	30MIN
HIVA OA MARQUESAS	9.8S	139.0W	1741Z	1.79M / 5.9FT	12MIN
PAPEETE TAHITI	17.5S	149.6W	1810Z	0.16M / 0.5FT	10MIN
NUKU HIVA MARQUESAS	8.9S	140.1W	1745Z	0.95M / 3.1FT	04MIN
MANZANILLO MX	19.1N	104.3W	1705Z	0.32M / 1.0FT	24MIN
DART MANZANILLO 434	16.0N	107.0W	1611Z	0.07M / 0.2FT	24MIN
RIKITEA PF	23.1S	134.9W	1559Z	0.15M / 0.5FT	22MIN
DART MARQUESAS 5140	8.5S	125.0W	1531Z	0.18M / 0.6FT	18MIN
QUEPOS CR	9.4E	81.2W	1416Z	0.24M / 0.8FT	52MIN
BALTRA GALAPAGS EC	0.4S	90.3W	1452Z	0.35M / 1.2FT	14MIN
EASTER CL	27.2S	109.5W	1205Z	0.35M / 1.1FT	52MIN
ANCUD CL	41.9S	73.8W	0838Z	0.62M / 2.0FT	84MIN
CALLAO LA-PUNTA PE	12.1S	77.2W	1029Z	0.36M / 1.2FT	30MIN
ARICA CL	18.5S	70.3W	1008Z	0.94M / 3.1FT	42MIN
LIQUIQUE CL	20.2S	70.1W	0907Z	0.28M / 0.9FT	68MIN

## Messaggio 2: Messaggio di allarme maremoto emesso in occasione del terremoto del Cile (27 febbraio 2010), parte seconda

Nel caso di sorgenti vicine, lo svantaggio di avere tempi di allarme molto corti è compensato dalla possibilità di sentire direttamente le scosse del terremoto e di vedere direttamente l'eventuale ritiro anomalo del mare. In questi casi, la popolazione deve essere adeguatamente informata sul comportamento da tenere. Per di più, quando il terremoto è vicino, il rischio di devastazione dovuta al terremoto prima dell'arrivo delle onde di maremoto non è marginale e si devono fare considerazioni specifiche per l'organizzazione dei soccorsi e dell'evacuazione e per la selezione dei rifugi.

### 1.2 Il piano di evacuazione: obiettivi

Anche in quelle regioni per le quali la probabilità che si verifichi un maremoto distruttivo è piuttosto bassa, la vulnerabilità può essere estremamente alta. La gestione del rischio si deve concentrare nella riduzione della vulnerabilità a un livello soddisfacente. E l'obiettivo primario è senza dubbio quello di salvare vite umane.

Salvare le vite umane significa ridurre l'effetto delle onde che trascinano persone contro oggetti, colpiscono persone con detriti, provocano l'affogamento, trascinano persone in mare aperto e possono intrappolarle in un edificio pericolante.

LAT - LATITUDE (N-NORTH, S-SOUTH)
LONG - LONGITUDE (E-EAST, W-WEST)
TIME - TIME OF THE MEASUREMENT (Z IS UTC IS GREENWICH TIME)
AMPL - TSUNAMI AMPLITUDE MEASURED RELATIVE TO NORMAL SEA LEVEL.
IT IS ...NOT... CREST-TO-TROUGH WAVE HEIGHT.
VALUES ARE GIVEN IN BOTH METERS(M) AND FEET(FT).
PER - PERIOD OF TIME IN MINUTES(MIN) FROM ONE WAVE TO THE NEXT.
EVALUATION
SEA LEVEL READINGS CONFIRM THAT A TSUNAMI HAS BEEN GENERATED WHICH COULD CAUSE WIDESPREAD DAMAGE. AUTHORITIES SHOULD TAKE APPROPRIATE ACTION IN RESPONSE TO THIS THREAT. THIS CENTER WILL CONTINUE TO MONITOR SEA LEVEL DATA TO DETERMINE THE EXTENT AND SEVERITY OF THE THREAT.
A TSUNAMI IS A SERIES OF WAVES AND THE FIRST WAVE MAY NOT BE THE LARGEST. TSUNAMI WAVE HEIGHTS CANNOT BE PREDICTED AND CAN VARY SIGNIFICANTLY ALONG A COAST DUE TO LOCAL EFFECTS. THE TIME FROM ONE TSUNAMI WAVE TO THE NEXT CAN BE FIVE MINUTES TO AN HOUR, AND THE THREAT CAN CONTINUE FOR MANY HOURS AS MULTIPLE WAVES ARRIVE.
FOR ALL AREAS - WHEN NO MAJOR WAVES ARE OBSERVED FOR TWO HOURS AFTER THE ESTIMATED TIME OF ARRIVAL OR DAMAGING WAVES HAVE NOT OCCURRED FOR AT LEAST TWO HOURS THEN LOCAL AUTHORITIES CAN ASSUME THE THREAT IS PASSED. DANGER TO BOATS AND COASTAL STRUCTURES CAN CONTINUE FOR SEVERAL HOURS DUE TO RAPID CURRENTS. AS LOCAL CONDITIONS CAN CAUSE A WIDE VARIATION IN TSUNAMI WAVE ACTION THE ALL CLEAR DETERMINATION MUST BE MADE BY LOCAL AUTHORITIES.
BULLETINS WILL BE ISSUED HOURLY OR SOONER IF CONDITIONS WARRANT. THE TSUNAMI WARNING WILL REMAIN IN EFFECT UNTIL FURTHER NOTICE.
THE WEST COAST/ALASKA TSUNAMI WARNING CENTER WILL ISSUE PRODUCTS FOR ALASKA...BRITISH COLUMBIA...WASHINGTON...OREGON...CALIFORNIA.

## Messaggio 3: Messaggio di allarme maremoto emesso in occasione del terremoto del Cile (27 febbraio 2010), parte terza

Mentre le misure di mitigazione comprendono l'installazione di strutture per ridurre l'energia delle onde (per esempio la costruzione di frangiflutti), l'altra questione importante rimane l'evacuazione verso luoghi sicuri della popolazione potenzialmente colpita in tempo utile. Di solito, è necessaria una pianificazione dettagliata per rendere l'evacuazione la più efficiente possibile e per questo il piano di evacuazione deve essere stabilito, implementato e monitorato dalle autorità locali.

### 1.3 Che cos'è un piano di evacuazione ?

Un piano di evacuazione in caso di maremoto (PEM - TEP) è un piano che sarà attivato quando sia stato lanciato un allarme per maremoto. Un piano di evacuazione comprenderà una molteplicità di misure di emergenza da implementare in caso di un allarme per maremoto<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Con allarme per maremoto, di solito, si intende un segnale acustico o visivo o un messaggio tramite telecomunicazioni. In alcuni casi, specialmente nel contesto di terremoti vicini, l'allarme può scattare solo pochi minuti prima dell'arrivo delle onde di maremoto. Per questo motivo, il fatto stesso di sentire il terremoto è il primo segnale non ambiguo, indipendentemente dal fatto che sia lanciato o meno l'allarme per maremoto.

Lo scopo di un piano di evacuazione è di salvare le vite di quelle persone che potrebbero essere colpite dalle onde di maremoto in arrivo. Di conseguenza, l'obiettivo primario di un piano di evacuazione è quello di guidare tutte le persone coinvolte lungo le vie di evacuazione

- a) verso luoghi sicuri (che sono perciò fuori dalla portata delle onde di maremoto), chiamati anche centri di raccolta o rifugi di emergenza;
- b) in tempo utile (nell'arco di tempo tra l'allarme e l'arrivo della prima onda, tenendo conto per ogni persona della distanza dal rifugio di emergenza più vicino).

Inoltre, un piano di evacuazione deve prevedere che ogni centro di raccolta che rispetta il criterio a) può sostenere

- c) il numero atteso di persone che si suppone useranno questo centro di raccolta.

Di conseguenza, un piano di evacuazione è progettato sulla base dei due gruppi di elementi seguenti:

- 1)
  - numero delle persone coinvolte (con specificazione di particolari categorie svantaggiate come bambini, disabili o anziani) a seconda del luogo
  - luoghi, strade e distanze; e, in caso di terremoto vicino, la loro accessibilità e sicurezza dopo il terremoto
- 2)
  - assunzioni di base sull'altezza dell'onda massima attesa
  - assunzioni di base sul tempo disponibile prima dell'arrivo della prima onda.

#### **1.4 Il piano di evacuazione come parte di una strategia che comprende un sistema di allarme, la preparazione e la consapevolezza del pericolo**

L'esistenza di un piano di evacuazione è cruciale per il buon svolgimento dell'evacuazione stessa e per l'attivazione delle misure volte a salvare vite umane. Tuttavia, questo non funzionerebbe adeguatamente se non fosse inserito all'interno di una strategia che soddisfa i seguenti criteri:

1. Avviso di evacuazione e installazione di un sistema di allarme: un piano di evacuazione non ha molto senso a meno che non sia installato un sistema di allarme. Solitamente reti di comunicazioni acustiche / visive / telefoniche possono essere usate per emettere un allarme

generale di maremoto (per esempio sirene, luci di allarme, messaggi SMS).

2. Integrazione del sistema di allarme: in generale, le comunità locali non hanno abbastanza mezzi per installare un sistema di allarme e per farlo funzionare adeguatamente. Per questo motivo, un sistema di livello superiore (per esempio regionale o nazionale) sarebbe di grande aiuto.
3. Elaborazione degli scenari di maremoto per la comprensione dell'impatto di un maremoto: i piani di evacuazione devono sempre dipendere da informazioni quali le possibili sorgenti attese, la propagazione delle onde e l'inondazione a terra, la vulnerabilità e i danni attesi, in un modo simile a quello sviluppato nel progetto SCHEMA [Tinti et al., 2010].
4. La preparazione delle comunità: le comunità in aree soggette a maremoti dovrebbero essere preparate in ogni caso, indipendentemente dalla bassa probabilità di occorrenza di un maremoto e/o dagli effetti trascurabili attesi.
5. La consapevolezza della gente: è importante sensibilizzare la popolazione senza creare panico. Le persone dovrebbero essere informate del rischio generale e dovrebbero conoscere il legame di base tra un terremoto e il seguente allarme per maremoto.

Un tipico esempio di strategia complessiva è stata stabilita dall'UNESCO-IOC per la regione dell'Oceano Indiano [UNESCO-IOC 2009].

### **1.5 Le procedure adottate attualmente in altri stati**

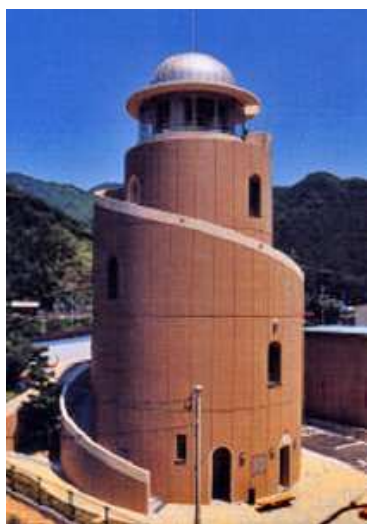
#### **1.5.1 Pianificazione dell'evacuazione in Giappone**

La pianificazione dell'evacuazione in Giappone ha una lunga tradizione: come per i terremoti, il verificarsi dei maremoti è stato acquisito come un fatto naturale e possibile nella cultura giapponese. Dato che tutte le coste del Giappone sono esposte alla minaccia dei maremoti, molte sono le misure adottate a livello delle comunità locali. Un esempio recente di maremoto distruttivo è l'evento del 1993, originato da un terremoto che ha colpito la costa occidentale di Hokkaido: ha concesso un tempo utile di evacuazione di soli 3-5 minuti. L'altezza massima osservata dell'onda fu 10 m [Nagao, 2005]. In Giappone, nei piani di evacuazione si dà molta importanza ai rifugi verticali, ovvero agli edifici, sia prevedendo l'utilizzo di edifici già esistenti, sia costruendone di nuovi proprio per questo scopo (Figura 1 e Figura 2).



I cartelli della segnaletica giapponese forniscono indicazioni sulla direzione di fuga, la distanza e il nome del rifugio più vicino; molti cartelli sono scritti sia in giapponese sia in inglese. Le indicazioni dei punti di raccolta sono rettangolari e raffigurano un'onda di maremoto e in alcuni casi una croce verde. Se possibile, i cartelli sono collocati lungo le strade e indicano per il luogo specifico l'altezza dell'onda massima attesa sul livello del mare, per esempio 3.3 m.

La maggior parte dei preparativi per l'evacuazione viene fatta grazie al lavoro di organizzazioni volontarie specializzate per le emergenze e le calamità che coinvolgono più di 28 milioni di persone.



**Figura 1: rifugio di emergenza (prefettura di Mie, Giappone da <http://www.nda.ac.jp/~fujima/maldives-pdf/contents/chapter5.pdf>).**

### • L'isola di Okushiri

Dopo il devastante maremoto del 1993 sono stati costruiti rifugi verticali lungo le coste. I resort di villeggiatura sembrano avere degli svantaggi poiché devono evacuare un alto numero di persone temporaneamente residenti. Però tali svantaggi possono essere compensati dalla costruzione di rifugi verticali che possano essere usati come piattaforme panoramiche.



**Figura 2: piattaforma sopraelevata usata sull'isola di Okushiri**

(<http://ioc3.unesco.org/itic/printer.php?id=20>)

Sull'isola di Okushiri inoltre sono state costruite anche delle chiuse a protezione delle zone potenzialmente inondabili (vedi la Figura 3).



**Figura 3: chiuse sull'isola di Okushiri**  
(<http://ioc3.unesco.org/itic/printer.php?id=20>).

### 1.5.2 Pianificazione dell'evacuazione negli Stati Uniti

"The Disaster Mitigation Act" (DMA 2000) del 2000 [FEMA 2003] ha assegnato un ruolo importante alla pianificazione della mitigazione del rischio. Infatti, il DMA 2000 stabilisce un programma di riduzione del rischio pre-disastro e determina nuovi requisiti per il fondo nazionale per la mitigazione del rischio post-disastro (HMGP) "Hazard Mitigation Grant Program". La sezione 322 del DMA 2000 indica espressamente la pianificazione della mitigazione a livello statale e locale ed identifica i nuovi requisiti per poter usufruire dei fondi HMGP per azioni di pianificazione, aumentando i fondi disponibili a queglii stati che hanno sviluppato un piano di mitigazione completo per la fase pre-disastro. Stati e comunità devono avere un piano di evacuazione approvato e funzionante prima di ricevere i fondi HMGP. I piani di mitigazione locali devono dimostrare che le azioni proposte sono basate su un serio processo di pianificazione che tiene conto del rischio e delle capacità delle singole comunità.

I governi degli stati hanno alcune responsabilità per l'implementazione della sezione 322, tra cui:

- preparare e sottomettere un piano statale di mitigazione;
- rivedere e aggiornare il piano di mitigazione ogni tre anni;
- provvedere all'assistenza tecnica e alla formazione dei governi locali per assisterli nello sviluppo di piani di mitigazione locali e nella richiesta di fondi HMPG;
- rivedere e approvare i piani locali se lo stato ha un piano approvato e se gli sono stati concessi poteri di gestione

Il DMA 2000 vuole facilitare la cooperazione tra le autorità statali e locali. Incoraggia e premia la pianificazione pre-disastro locale e dello stato e promuove la sostenibilità come strategia per opporsi ai disastri naturali. Questa serie integrata di piani permetterà ai governi locali e statali di articolare meglio i loro bisogni per la mitigazione, col risultato di una più veloce assegnazione dei fondi e una maggiore efficacia dei progetti di riduzione del rischio.

### • Stati della costa occidentale

Molte comunità lungo la costa occidentale degli Stati Uniti e del Canada hanno piani di evacuazione eccellenti in caso di maremoto. Generalmente distribuiscono volantini che contengono le mappe della città/metropoli dove sono mostrate le zone pericolose, le vie di evacuazione e i rifugi di evacuazione. Molto spesso vengono segnalati ulteriori luoghi come scuole, ospedali, stazioni di polizia e dei pompieri.

Vengono prodotti stampati di due pagine, che una volta piegati, costituiscono un pratico depliant che può essere portato via o che può essere esposto in posti molto frequentati. Generalmente un depliant descrive la pericolosità, molto spesso in relazione al terremoto, e contiene figure dei cartelli di evacuazione usati in quell'area ed i punti di contatto per poter avere informazioni aggiuntive.

Le isole delle Hawaii hanno un sistema di allarme per tutto lo stato basato su sirene controllate via radio ed alimentate parzialmente ad energia solare. Il sistema di allarme (Emergency Alert System) raggruppa tutte le isole hawaiane e divulga gli allarmi con tutti i mezzi di telecomunicazione possibili. Questo sistema viene

controllato settimanalmente. Il centro delle operazioni di emergenza (Emergency Operation Centre - EOC) si attiva e avvisa le agenzie per la risposta all'emergenza. Inoltre fa suonare le sirene e coordina la chiusura delle scuole. Le mappe di evacuazione in caso di maremoto per tutte le principali località sono mostrate all'inizio delle pagine bianche telefoniche. In caso di maremoto prodotto da una sorgente lontana, circa due ore prima del tempo atteso di arrivo della prima onda, scuole e altri edifici pubblici dovrebbero iniziare la procedura di evacuazione.



**Figura 4: Parti di mappa di evacuazione della città di Depoe Bay (a sinistra) e Brookings (a destra), in Oregon, Stati Uniti (da <http://www.oregon.gov>).**

Circa 30 – 45 minuti prima del tempo atteso di arrivo della prima onda, la polizia dovrebbe sistemare blocchi stradali per le strade che entrano nella zona a rischio maremoto; gli autisti di autobus saranno informati per utilizzare vie alternative (precedentemente stabilite) per evitare le zone a rischio di maremoto; il personale designato per la risposta all'emergenza dovrebbe arrivare ai siti dei rifugi da maremoto o in altri luoghi strategici [UNESCO IOC Tsunami Programme, 2005].

### 1.5.3 Pianificazione dell'evacuazione nell'Oceano Indiano dal 2004

La consapevolezza del pericolo di maremoto è effettivamente aumentata nella maggior parte dei paesi che sono stati colpiti dal maremoto del 2004 dell'Asia orientale. Tra le pubblicazioni più interessanti pubblicate di recente c'è un manuale edito dall' IOC proprio sulla valutazione del rischio di maremoto e la mitigazione degli effetti per l'Oceano Indiano [UNESCO-IOC 2009].

### • Thailandia

La Thailandia è sicuramente tra i paesi che hanno installato le misure più avanzate allo scopo di educare la popolazione e di migliorare la fase di preparazione.

Lungo la linea di costa dell'Oceano Indiano, sono stati installati dei cartelli che indicano la via di evacuazione e la sua lunghezza; questi cartelli sono scritti in thailandese ed in inglese. Inoltre, sono stati installati dei segnali che ricordano l'altezza dell'inondazione durante il maremoto di dicembre 2004 [Scheer, 2008]. Le zone abitate lungo le coste esposte sono sorvegliate da un sistema di allarme maremoti controllato a onde radio.

Sono stati distribuiti molti volantini che spiegano il rischio di maremoto e le osservazioni locali relative al maremoto del 2004, insieme alle possibili strategie di mitigazione [per esempio dall'Istituto Geotecnico Norvegese, 2006].

### 1.5.4 Pianificazione dell' evacuazione in Europa

Sono disponibili pochissime informazioni sull'evacuazione in caso di maremoto in Europa. Per quanto riguarda invece i siti scelti come aree campione nel progetto SCHEMA, si può affermare:

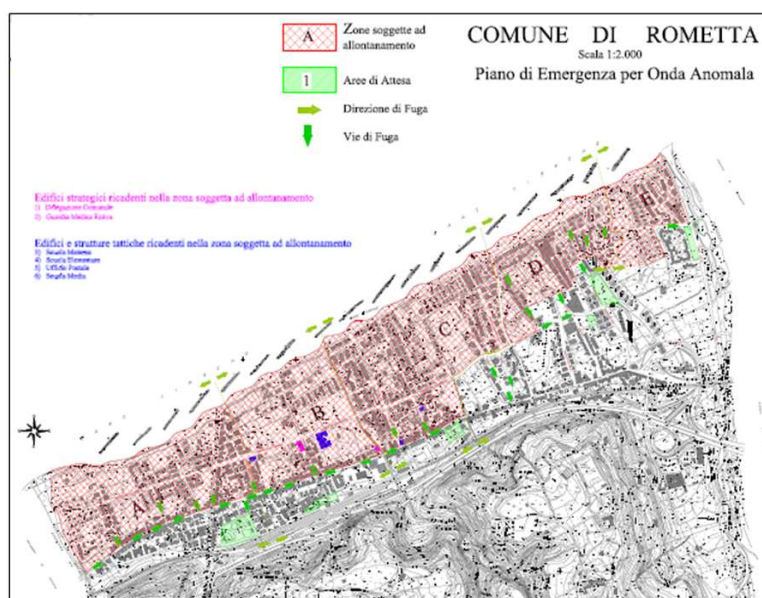
Per la regione di Setúbal, in Portogallo, non ci sono piani di evacuazione o strutture specifiche per un evento come un maremoto. I sistemi di allarme e le procedure in caso di calamità naturale sono coordinati dall'Autorità Nazionale Portoghese della Protezione Civile. C'è un ufficio principale che delega le procedure agli uffici della protezione civile locale e alle squadre locali di ricerca e salvataggio. Le squadre di salvataggio consistono principalmente in sezioni dei pompieri e della croce rossa. Nel caso specifico di Setúbal, la stazione locale dei pompieri ha recentemente completato uno studio sull'inondazione della città a seguito di eventi meteorologici estremi che mostra le aree potenzialmente inondate a seconda dell'intensità delle precipitazioni. La risposta da dare in questi casi è di cercare rifugio in terreni più alti, e questo studio indica:

- quali sono i luoghi migliori dove rifugiarsi;
- la via di accesso migliore a questi luoghi;
- i posti dove collocare i cartelli di allerta e le indicazioni;
- quali luoghi potrebbero essere accessibili alle squadre di salvataggio e che tipo di equipaggiamento potrebbe essere usato in queste aree specifiche.

Questo studio include anche altri pericoli secondari, come gli incendi, e fornisce indicazioni sui siti con dispositivi antincendio [Ribeiro J., 2008].

L'isola italiana di Stromboli, nel mare Tirreno, dove maremoti locali sono stati disastrosi, è dotata a partire dal 2003 di una rete di segnali per le vie di evacuazione. Apparentemente i cartelli usati sono molto diversi da altri usati internazionalmente. Nel caso di Stromboli, bisogna anche menzionare che, nonostante il pericolo continuo (eruzioni vulcaniche regolari → frane nel mare → onde di maremoto), l'industria turistica locale è preoccupata che l'informazione ai turisti possa causare una riduzione degli arrivi ed un conseguente danno economico.

Altri comuni nelle vicine Calabria e Sicilia hanno adottato piani di emergenza locali in caso di onde di maremoto causate dall'attività vulcanica di Stromboli (soprattutto nel 2002).



**Figura 5: Pianta con elementi di scenario per l'emergenza [Comune di Rometta, Sicilia, 2008].**

Per esempio, il comune di Rometta (Sicilia) ha curato un piano di emergenza che comprende la descrizione delle competenze dei vari attori locali e regionali oltre a una mappa che indica le aree lungo le coste comunali che potrebbero essere inondate (Figura 5). Inoltre, questa pianta indica la direzione generale di fuga, le vie di fuga, le aree di attesa e gli edifici particolari, come le scuole, che si trovano all'interno della zona di inondazione.



## **1.6 UNESCO – IOC**

Dopo le conseguenze del maremoto dell'Asia orientale del 2004, la Commissione Oceanografica Intergovernativa (Intergovernmental Oceanographic Commission - IOC) dell'UNESCO ha ricevuto il mandato di favorire l'espansione della copertura globale dei sistemi di allarme maremoto e di coordinare i sistemi di allarme nelle maggiori regioni del mondo. Per la regione europea e mediterranea, sarà completato un sistema di allarme (NEAMTWS, Nord Est Atlantico, il Mediterraneo e i mari connessi) [UNESCO-IOC Tsunami Programme, 2005].

UNESCO-IOC ha inoltre prodotto alcune pubblicazioni di divulgazione, tra cui il glossario dei maremoti [UNESCO IOC, 2008] in cui sono contenute informazioni generali sul pericolo dei maremoti, sulle misure di preparazione e sui principi di evacuazione.

### **1.6.1 NEAMTWS**

Gli elementi strutturali dell'architettura del NEAMTWS sono i centri regionali di controllo maremoti (Regional Tsunami Watch Centres, RTWC) ed i centri nazionali di allerta maremoto (National Tsunami Warning Centres NTWCs) [vedi anche <http://www.ioc-tsunami.org/content/view/287/1123/>]. Qui di seguito vengono illustrate le funzioni principali di tali centri. Oltre ad i centri fanno parte dell'architettura anche i Contatti Nazionali (Tsunami National Contact – TNC) ed i Punti Focali per l'Allarme di Maremoto (Tsunami Warning Focal Point – TWFP)

#### **Centro regionale per il controllo dei maremoti (Regional Tsunami Watch Centre RTWC)**

- Registrazione, raccolta, elaborazione ed analisi di dati sismici per una rapida stima iniziale (localizzazione del terremoto, profondità ipocentrale, magnitudo, tempo di origine) come base del sistema di allarme.
- Calcolo del tempo di arrivo del maremoto nei punti di previsione elencati nel piano di comunicazione (Communication Plan).
- Registrazione, raccolta, elaborazione ed analisi di dati mareografici per confermare e monitorare il maremoto o per cancellare l'allarme
- Processo decisionale in accordo con il piano di comunicazione per elaborare i messaggi.
- Disseminazione dei messaggi ai responsabili degli stati membri (e ai centri nazionali di allerta), in accordo con il piano di comunicazione, compresi i tempi di propagazione del maremoto, l'ampiezza e il periodo misurati e i messaggi di cancellazione.

Fino ad ora, cinque paesi si sono offerti di ospitare i centri regionali di controllo maremoti RTWC: Francia, Grecia, Italia, Portogallo e Turchia; la Germania si è offerta di fornire supporto per la raccolta e l'elaborazione dei dati sismici.

#### **Centro nazionale di allerta maremoto (National Tsunami Warning Centre NTWC)**

- Registrazione, raccolta, elaborazione ed analisi di dati sismici per l'allarme iniziale (localizzazione del terremoto, profondità ipocentrale, magnitudo, tempo di origine).
- Calcolo del tempo di arrivo del maremoto nei punti di previsione nazionali.
- Registrazione, raccolta, elaborazione ed analisi di dati mareografici per confermare o cancellare l'allarme.

Il centro nazionale deve essere:

- veloce, dando l'allarme il più presto possibile dopo la generazione di un maremoto;
- preciso, emettendo allarmi per tutti i maremoti distruttivi e allo stesso tempo minimizzando i falsi allarmi;
- attendibile, accertando che il sistema operi in modo continuo e che i messaggi vengano immediatamente spediti, ricevuti e compresi dagli utenti del sistema.

#### **Contatto Nazionale per Maremoti (Tsunami National Contact TNC)**

È la persona designata dal governo di uno stato membro del NEAMTWS per rappresentare il proprio paese nell'ambito delle attività di coordinazione promosse dal NEAMTWS. In genere tale persona proviene da un ente o istituzione che è uno dei principali attori del sistema di allarme nazionale e del programma di mitigazione. La persona potrebbe essere responsabile del sistema nazionale di allarme maremoti o provenire da un'organizzazione nazionale per la gestione dei disastri, da un istituto tecnico o scientifico, o da un'altra agenzia con la responsabilità dell'allarme maremoti e della loro mitigazione.

#### **Punto Focale per l'Allarme di Maremoto (Tsunami Warning Focal Point TWFP)**

È un istituto operativo 24 ore al giorno e 7 giorni su sette, designato da un governo, con la responsabilità di ricevere ed emettere rapidamente informazioni sugli eventi di maremoto (come gli allarmi) a livello nazionale. In genere si tratta di un ente con responsabilità per la gestione delle emergenze (protezione civile o altra agenzia analoga), che nella

fattispecie ha la responsabilità di avvisare le autorità locali e la popolazione delle caratteristiche dell'evento (terremoto e/o maremoto), seguendo le procedure operative nazionali. Il Punto Focale riceve allarmi di maremoto da uno o più centri di controllo regionali (RTWC).

- Ricezione dei messaggi trasmessi dai centri regionali di controllo maremoti.
- Valutazione e emissione di allarmi nazionali secondo il piano di emergenza nazionale.
- Trasmissione dei messaggi di allarme all'autorità delle emergenze nazionali.
- Operatività 24 ore su 24 e 7 giorni su 7.

#### **Raccomandazioni attuali del gruppo di lavoro del NEAMTWS**

Il gruppo di lavoro del NEAMTWS ha confermato [NEAMTWS working group, 2008] di mantenere due livelli di allerta in modo da avere una matrice decisionale per far scattare l'allarme come menzionato in Tabella 1.

**Tabella 1: Matrice decisionale (livelli di allerta) come suggerito dal gruppo di lavoro del NEAMTWS**

	Allerta	Allarme
<b>Run-up</b>	0-1 m	> 1m
<b>Ampiezza</b>	0.2m – 0.5m	> 0.5m
<b>Impatto</b>	Correnti e onde di marea, ritiro del mare, danni nei porti, modeste inondazioni lungo le spiagge	Allarme di impatto e inondazione lungo le coste

#### **1.6.2 La regione dell'Oceano Indiano**

Per la regione dell'Oceano Indiano, UNESCO-IOC ha sviluppato un manuale dettagliato [UNESCO-IOC, 2009] che menziona tutti gli aspetti collegati al rischio di maremoti e che fornisce consigli dettagliati per migliorare la fase di preparazione delle comunità e per pianificare le varie fasi dell'evacuazione. Questo manuale dà molti suggerimenti e consigli su come ottenere la giusta preparazione; nel capitolo su come gestire il rischio maremoti vengono insegnati alle comunità i vari passi e le procedure da seguire per pianificare l'evacuazione.

#### **1.7 Concetti per la progettazione di piani di evacuazione specifici**

Oltre ai concetti generali per la progettazione di piani di evacuazione pubblicati da UNESCO-IOC, i risultati del progetto SCHEMA FP6 comprendono alcuni

elementi specifici che potrebbero influenzare la progettazione di un piano di evacuazione in caso di maremoto. Questi elementi riguardano

1. i risultati degli scenari locali di maremoto (basati su eventi storici e/o su sorgenti ipotizzate vicine e lontane): in accordo con il documento dell'IOC [UNESCO-IOC 2009], questi risultati forniscono una selezione di "scenari rappresentativi". Per la pianificazione dell'evacuazione, viene solitamente selezionato per ulteriori analisi lo scenario che prevede l'impatto atteso massimo. Lo sviluppo di diversi scenari di maremoto dovrebbe inoltre aumentare la consapevolezza a livello locale della plausibilità del verificarsi di tsunami, in quanto mostra l'entità dei danni nel caso in cui un evento simile colpisse nuovamente.
2. L'altezza dell'onda massima calcolata, la zona di inondazione e la stima del tempo di arrivo della prima onda: in questo modo si conosce l'area a rischio maremoti (e pertanto anche le aree sicure) e il massimo tempo utile per l'evacuazione. Si veda per esempio la Figura 6.
3. Il livello di danno calcolato alle case (basato sull'altezza dell'onda). Gli scenari basati su SCHEMA danno suggerimenti chiari sul livello di danno atteso (Figura 7); di conseguenza, il numero di persone coinvolte da evacuare potrebbe essere inferiore di quanto stimato originariamente.
4. Un algoritmo specifico di tempo-costo adattato alle infrastrutture locali e alla popolazione residente: questo algoritmo simula il movimento di un certo numero di persone (evacuati) sullo spazio disponibile (vie di fuga) verso le aree sicure (luoghi naturali a quota di sicurezza – rifugi orizzontali; edifici a più piani – rifugi verticali). L'algoritmo calcola l'intervallo di tempo necessario a una completa evacuazione.
5. Inoltre, la procedura di pianificazione di evacuazione basata su SCHEMA propone un intervento in tre fasi con la possibilità di iterazione per ogni fase e l'opportunità (necessità) di tornare indietro (algoritmo ricorsivo) a una fase precedente: la prima fase produce uno scenario di evacuazione pienamente valido (basato sui risultati del punto 2., usando l'algoritmo del punto 4., e prendendo in considerazione i risultati del punto 3.). La seconda fase (di medio termine) serve per implementare il piano di evacuazione sul sito e per organizzare le procedure necessarie per mantenerlo operativo. Nella terza fase (a lungo termine), il piano di evacuazione è monitorato ed aggiornato continuamente, corretto e riformulato se alcuni indicatori lo rendono necessario.

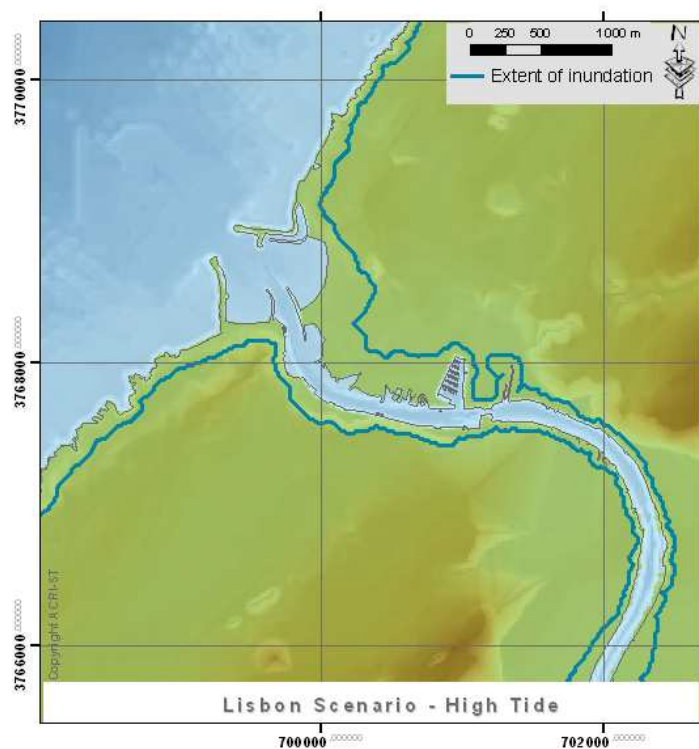


Figura 6: Entità dell'inondazione (area campione di Rabat, Marocco)

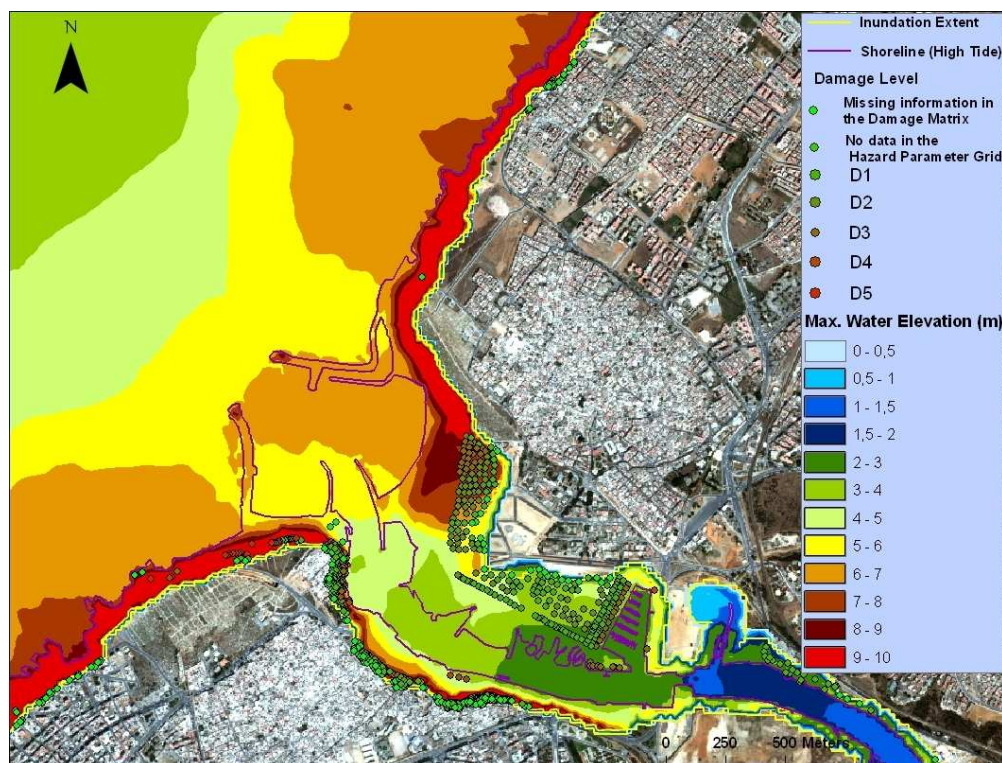


Figura 7: Valutazione dei danni agli edifici e massimo livello del mare per lo scenario del terremoto di Lisbona del 1755 (area campione di Rabat, Marocco)- – Copyright Quickbird image, 2008-09-28, res: 0.63m.



## 2 Metodologia per la pianificazione dell'evacuazione

### 2.1 Aspetti generali

#### 2.1.1 Le varie fasi e le loro funzioni

Un piano di evacuazione deve essere progettato usando un approccio d'indagine analitico (rischio), per questo deve essere sviluppato in tre fasi iterative. Inoltre, l'uso e l'integrazione del piano di evacuazione al massimo a livello regionale sono importanti elementi aggiuntivi. La validità di un piano di evacuazione deve essere controllata in continuazione, devono essere pianificati aggiornamenti appropriati e ne deve essere garantita l'applicabilità mediante una continua manutenzione [FEMA, 2003].

Durante la **prima fase**, vengono effettuati calcoli di base come le analisi classiche di rischio e di impatto. I risultati dovrebbero rivelare la zona e il numero di persone potenzialmente coinvolte, e il numero e la collocazione dei rifugi. Sulla base di assunzioni sull'altezza massima e il tempo minimo di arrivo del maremoto, vengono generate (in GIS) delle mappe appropriate che mostrano se le vie di fuga esistenti sono sufficienti.

Elementi ulteriori per il processo di progettazione di un piano di evacuazione complessivo comprendono la segnaletica delle vie di fuga e dei rifugi di emergenza, le istruzioni per la risposta delle comunità locali e delle persone minacciate, le esercitazioni per mantenere la consapevolezza pubblica, gli addestramenti per l'evacuazione e il salvataggio, l'assegnazione di risorse, la manutenzione delle vie di fuga ed il controllo delle assunzioni di base con gli anni. Di fatto, la **seconda fase** comprende la progettazione di un piano di evacuazione e la disseminazione delle informazioni. Si occupa sia dello sviluppo di un nuovo piano che del monitoraggio dell'implementazione di un piano esistente su base giornaliera/mensile. Nel caso in cui vengano modificati degli elementi base del piano, potrebbe essere necessario un ritorno alla prima fase.

La **terza fase** si riferisce all'utilizzabilità del piano di evacuazione nel lungo termine, considerando l'opportunità di modifiche agli input di base o ai concetti fondamentali del piano complessivo, esaminandone le potenziali conseguenze sul piano esistente e quindi decidendo se siano necessari ulteriori ritorni alla prima o alla seconda fase.

La pianificazione di un piano di evacuazione è dunque un processo a tre passi essenziali: 1. Un'analisi di partenza per ottimizzare una rete esistente di vie di fuga e rifugi di emergenza, 2. Un passo intermedio quando il piano di evacuazione entra in vigore, 3. e un passo a lungo termine sul piano complessivo derivante da nuove idee o da informazioni aggiuntive riguardanti la pericolosità dei maremoti o l'uso del territorio costiero.

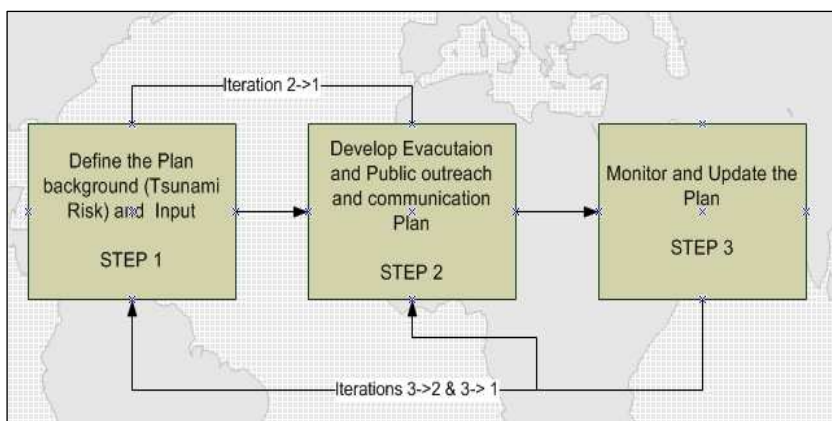


Figura 8: Approccio iterativo per la pianificazione dell'evacuazione.

### 2.2 Analisi di rischio e di impatto per la definizione della base del piano di evacuazione e input (fase 1)

Un'analisi iniziale di rischio e di impatto serve a definire come in caso di maremoto si potrebbe costruire una rete di vie di fuga e di rifugi (orizzontali o verticali) nell'ambito di attività di protezione civile in un'area ad alto rischio. Tale analisi serve anche a lavorare sull'esistente, cioè a mettere a punto una rete esistente di strade e di rifugi in vista di un'ulteriore ottimizzazione. Questo compito deve essere affidato alle autorità locali a carico della protezione civile.

Il risultato di questa fase nel contesto della pianificazione dell'evacuazione in caso di maremoto sarà quello di avere a disposizione una valida rete di vie di fuga e aree sicure da usare in caso di un allarme o di un'emergenza per guidarvi la popolazione a rischio in tempo e in modo sicuro.

### 2.2.1 Input di base

#### Contesto e dati di vulnerabilità

I layer tematici (in ambiente GIS) che forniscono i dati spaziali necessari per le analisi richieste e che dovrebbero pertanto essere disponibili sono elencati qui di seguito:

- **Modello digitale di elevazione** (Digital Elevation Model - DEM). Serve per calcolare l'area di inondazione attesa e per valutare i possibili luoghi sicuri.
- **Mappe di distribuzione di popolazione:** Mostrano la distribuzione della popolazione in un'area abitata. Per ragioni pratiche, si prende in considerazione il numero massimo di persone (comprese le persone temporaneamente presenti come lavoratori o turisti). La mappa indicherà il numero degli evacuati potenziali che ci si aspetta. Le aree potenzialmente coinvolte sono suddivise in distretti, quadranti o segmenti. E per ciascuna di esse la mappa indicherà la quantità di persone da evacuare, mediante una scala suddivisa in classi
- **Mappa delle strade e dei percorsi principali:** Mostra le strade selezionate, cioè i percorsi e le vie che realisticamente possono servire come vie di fuga. Per una rappresentazione completa tali strade potrebbero essere classificate e segnate con colori diversi a seconda della loro capacità. Per ragioni pratiche, solo le vie e i percorsi che hanno una capacità superiore a un minimo prefissato dovrebbero essere considerate in questa mappa.
- **Mappa di classificazione degli edifici:** Questa mappa mostra la classificazione di tutti gli edifici (entro le aree da evacuare). Si può adottare la classificazione della vulnerabilità messa a punto in SCHEMA (WP 3.3, D3.1, vedi in Appendice): A, B, C, D, E, F, G, tra cui gli edifici delle categorie dalla A alla E saranno normalmente considerati non utilizzabili (pericolose).
- **Mappa dei luoghi speciali:** Questa mappa mostra tutti quei posti e edifici che potrebbero essere soggetti ad attenzione e procedure particolari. Ad esempio, scuole ed ospedali, luoghi molto frequentati (v. mercati), luoghi molto vulnerabili (v. porti, spiagge, estuari), ma anche edifici sensibili per la risposta all'emergenza.
- **Aree a rischio e pericolose:** Tutti i complessi e le installazioni industriali situati entro l'area coinvolta potrebbero essere segnalati separatamente sulla mappa. La ragione è che potrebbero verificarsi degli eventi NATECH

(evento NATECH: quando una calamità naturale genera disastri tecnologici) a causa della distruzione o dell'inondazione di queste aree. Dovrebbe essere valutato separatamente se possa esserci un impatto su tali installazioni, se questo possa portare a situazioni pericolose, e di conseguenza se i rifugi e le vie di fuga per l'evacuazione possano essere colpite.

- **Mappa degli ostacoli all'evacuazione:** Ci sono particolari che possono essere decisivi per un'evacuazione efficiente e che pertanto dovrebbero essere segnalati separatamente in una mappa: 1. barriere, recinzioni (elettrificate) che potrebbero ostacolare l'evacuazione verso terra, 2. scale e altri colli di bottiglia che collegano le spiagge con il retro-spiaggia, 3. strade estremamente affollate (persone, automobili, negozi, ecc.) nelle immediate vicinanze delle spiagge. Inoltre, talune aree situate in luoghi molto bassi potrebbero accumulare acqua dopo l'inondazione e di conseguenza sarebbero inadatte per l'evacuazione verticale.

#### Pericolosità e impatto fisico delle onde

E' necessario compiere delle assunzioni di base riguardanti i seguenti fattori:

- **Tempo di arrivo atteso della prima onda:** è l'intervallo di tempo dal momento in cui viene emesso un allarme fino all'arrivo della prima onda. Il tempo di arrivo atteso più breve è un input chiave per la procedura complessiva di calcolo in quanto definisce il tempo che il l'esecuzione dell'evacuazione non deve superare.

Per ovvie ragioni, si possono trascurare tempi di arrivo di onde di maremoto ("Expected Tsunami Wave Arrival Times" ETWAT) estremamente corti, inferiori a 5 minuti, poiché una procedura di evacuazione ordinata difficilmente funzionerà bene. Allo stesso modo, valori di ETWAT maggiori di 1 ora devono essere considerati in modo critico. Le persone spesso ignorano quanto sia pericolosa una situazione e cercano di evitare l'evacuazione o tendono a ritornare indietro prima che sia emesso il cessato allarme da parte degli operatori della gestione dell'emergenza.

Se mancano gli elementi di conoscenza di base o se non sono disponibili appropriati mezzi di calcolo, allora occorre assumere un valore di default. Ad esempio, nel progetto SCHEMA è stato indicato un valore di default di 15 minuti.

**Altezza massima attesa dell'onda:** Sebbene ci siano diverse altezze d'onda da considerare, l'altezza massima è probabilmente quella che fornisce il valore più importante in quanto dà indicazioni chiare su fino a che distanza (dalla costa) un'area potrebbe essere inondata e sulle persone che potrebbero essere colpite.

Allo stesso modo di ETWAT, altezze d'onda attese inferiori ad una soglia minima, ad es. di 1 m potrebbero essere trascurate a meno che non ci siano chiari motivi di preoccupazione ricavabili dalla mappa del terreno (per es. spiagge molto piatte) o delle infrastrutture locali (per es. costruzioni esposte nei porti, strade molto vicine alla spiaggia).

Quando non ci siano informazioni specifiche o mezzi di calcolo si ricorre ad un valore di default. In SCHEMA, un valore medio di 10 m è stato preso come default.

- **Mappa delle velocità** delle correnti: nell'area inondata, la mappa mostra le velocità delle correnti associate alle onde in arrivo. Le velocità possono essere diverse in quanto un'onda potrebbe trovarsi la strada libera o potrebbe trovare ostacoli che ridurrebbero la sua energia.

Sulla base di due parametri chiave (ETWAT, e l'altezza dell'onda) e con il supporto delle mappe precedentemente elaborate, possono essere eseguiti i seguenti calcoli:

- **Mappa di inondazione e delle zone sicure:** La mappa di inondazione viene calcolata combinando il modello di elevazione digitale con l'altezza attesa dell'onda.

Poiché l'area che si stima possa essere inondata è considerata "la zona di evacuazione" o "zona a rischio maremoto", in principio tutta la zona non inondata potrebbe essere considerata sicura. Potrebbero tuttavia essere applicate alcune restrizioni a seguito di un'indagine su ogni singolo caso, come:

- aree sicure completamente circondate da terra inondata potrebbero venire escluse da ulteriori calcoli; e/o
- terreni che, sebbene non inondata, sono estremamente piatti, potrebbero anch'essi venire esclusi da ulteriori calcoli.

Di solito si redigono mappe di scala da 1:25000 a 1:10000 con una griglia rispettivamente di 100 m e di 20 m, con le linee di profondità di inondazione tracciate per ogni 1 m indicate con un codice di colore (per profondità di inondazione

si intende l'altezza della colonna d'acqua tra la superficie del mare ed il suolo).

I rifugi orizzontali sono luoghi che si trovano all'interno delle zone sicure che possano ospitare un numero sufficiente di evacuati per il tempo dell'inondazione. I siti di questi rifugi sono definiti specificatamente come punti di raccolta. Si può richiedere che questi siti abbiano alcune caratteristiche specifiche, come ad esempio che siano facilmente accessibili, che si trovino ad una distanza ragionevole dal punto da cui una persona comincia il proprio percorso, ed ancora che abbiano una notevole capacità per permettere ad un numero appropriato di persone di starci. Idealmente, i siti dei rifugi orizzontali dovrebbero essere equipaggiati in modo tale da garantire i bisogni essenziali: come acqua potabile, telefono, elettricità, kit di emergenza, ecc. Per la scelta di questi siti, inoltre, occorre anche considerare che le vie di accesso ai rifugi orizzontali potrebbero rimanere inondate.

- **Mappa dei rifugi verticali:** gli edifici con strutture in cemento armato, residenziali o collettivi, con più di tre piani (di classe E2 secondo la classificazione di SCHEMA, vedi l'appendice) e resistenti ai terremoti possono essere considerati come potenziali rifugi verticali all'interno dell'area a rischio maremoto. Potrebbero rimanere circondati da acqua per qualche tempo e i rifugi orizzontali potrebbero rimanere inaccessibili a causa dell'inondazione. Gli edifici selezionati come rifugi verticali devono essere in grado di sostenere gravi danni che potrebbero essere causati da detriti galleggianti e da grandi oggetti trasportati in avanti dalle onde in arrivo o riportati indietro durante il ritiro dell'onda.

Inoltre, devono avere un'altezza sufficientemente al di sopra del livello massimo dell'acqua. Di solito questa altezza aggiuntiva viene assunta di 5 m. Una formula empirica per stimare l'altezza al di sopra della quale l'evacuazione verticale viene considerata sicura è la seguente:

$$\text{Altezza sicura} = (\text{Altezza massima dell'onda} \times 1.30) + 1 \text{ m.}$$

Un rifugio verticale non deve essere necessariamente un edificio chiuso. In particolare, quei rifugi verticali che sono costruiti appositamente come strutture aperte sono piattaforme all'aperto oppure montagnole artificiali, e rispettano le condizioni di resistenza e resilienza degli edifici classificati E2. L'uso di edifici a più piani in cemento armato o con la struttura in acciaio o di montagnole artificiali come rifugi verticali è una politica appropriata per

tutti i maremoti vicini o per maremoti lontani in aree densamente popolate dove l'evacuazione orizzontale non è possibile.

Alcuni requisiti comuni possono essere applicati ai rifugi verticali. Devono essere facilmente accessibili, e le vie di accesso dovrebbero avere una capacità appropriata. I rifugi stessi non dovrebbero essere affollati a priori, rendendoli così inutili per ospitare un enorme numero di persone aggiuntive. Idealmente, i siti dei rifugi verticali dovrebbero garantire l'accesso ai bisogni essenziali, come acqua potabile, telefono, luce, kit di emergenza, ecc.

- **emendamento tipo SCHEMA dei rifugi verticali:** i criteri menzionati in precedenza per i rifugi verticali potrebbero essere modificati. Infatti, potrebbero essere presi in considerazione anche edifici meno resistenti a patto che la loro resistenza alle onde in arrivo si riveli sufficiente. Questa analisi in SCHEMA viene fatta mediante calcoli che prendono in considerazione la profondità di inondazione, la velocità delle onde e la classificazione degli edifici secondo la loro vulnerabilità.

Lo scopo di questo emendamento è di ridurre il numero degli evacuati potenziali.

## 2.2.2 Definizione delle mappe di evacuazione

Le mappe di evacuazione dovrebbero essere usate dai gestori dell'emergenza per prendere decisioni per la pianificazione (simulazione) dell'evacuazione. Le mappe di simulazione di evacuazione non sono né mappe stampate né mappe composite (come le mappe di evacuazione da destinarsi al pubblico), ma piuttosto mappe dinamiche in GIS che possono essere create ad hoc per aiutare i responsabili a prendere delle decisioni appropriate durante le operazioni di evacuazione. Tali mappe seguono l'analisi spaziale dei dati esistenti per identificare ed analizzare i problemi e per elaborare potenziali soluzioni rilevanti. Si basano su una tecnica GIS molto efficiente di tipo analisi costo-percorso.

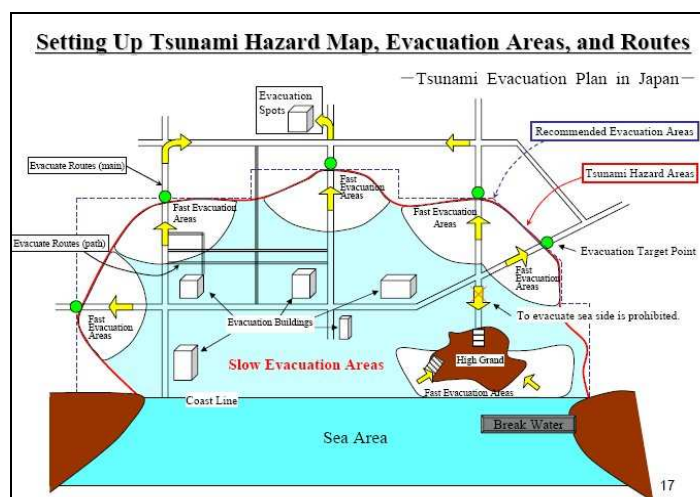
Durante la pianificazione dell'evacuazione, si possono considerare diversi problemi come il blocco delle vie di evacuazione, la riduzione della capacità del flusso della rete delle strade di evacuazione, ecc. Le soluzioni per affrontare questi problemi possono essere collegate alla definizione di strade alternative o allo sviluppo di ulteriori rifugi verticali.

Le mappe di evacuazione possono essere prodotte sulla base del tempo di arrivo atteso delle onde di maremoto, dei layer della mappa della popolazione esposta e su informazioni aggiuntive che riguardano i seguenti punti:

1. la direzione di fuga;
2. la disponibilità di strade e/o percorsi principali (vie di evacuazione) in questa direzione;
3. il numero di persone che userà queste vie di evacuazione contemporaneamente;
4. la velocità minima di spostamento (degli evacuati);
5. la distanza dalla più vicina destinazione sicura (comprendendo tutti i siti dei rifugi verticali e orizzontali).

La creazione di mappe di evacuazione dinamiche fornisce alle autorità che gestiscono l'emergenza delle opzioni per le vie di evacuazione, la valutazione dell'andamento dell'implementazione del piano di evacuazione esistente, la capacità di sovrapporre layer di dati che riguardano i punti di raccolta-persone, la posizione dei rifugi verticali e le vie di evacuazione.

Il tempo di mobilitazione (o di preparazione all'evacuazione) deve anch'esso essere considerato nella pianificazione (simulazione) dell'evacuazione. Si possono usare, per questo scopo, curve appropriate di mobilitazione, che rappresentano il tempo in cui si stima che gli evacuati inizino l'evacuazione dopo aver ricevuto un allarme maremoto. I tempi di mobilitazione sono molto variabili e sembrano dipendere dal livello di urgenza a cui si reagisce [Lindell et al, 1985]. Per eventi



**Figura 9: Schema generale per la pianificazione dell'evacuazione**

La Figura 9 [Nagao, 2005] mostra uno schema generale di pianificazione dell'evacuazione con i concetti di base (anche se con diciture differenti), l'area a rischio maremoto, i rifugi verticali e orizzontali e le vie di fuga.

che attaccano rapidamente come i maremoti (e in particolare quelli generati da sorgenti vicine), le curve sono piuttosto ripide. Per eventi più lenti, come gli uragani, i tempi di partenza variano maggiormente, ma possono dipendere da luogo a luogo. Un punto debole della maggior parte dei piani di evacuazione è che non integrano in modo appropriato (sottostimano) la capacità di risposta [Gruntfest e Huber, 1989].

Il tempo utile di evacuazione è la somma del tempo in cui l'allarme viene ricevuto, il tempo di mobilitazione, e il tempo per fare il percorso (tempo dalla partenza dell'evacuazione all'arrivo ai rifugi di destinazione).

Come principale risultato, la mappa fornisce ai responsabili le informazioni delle **serie temporali di distribuzione di popolazione durante un'evacuazione in quei distretti che verranno inondati** e infine un risultato (R1 o R2) che mostra:

(R1) L'efficienza del piano di evacuazione (se tutte le persone coinvolte possono essere evacuate nel tempo di evacuazione)

oppure

(R2) quei distretti con un tempo inadeguato per l'evacuazione (cioè inondati senza la possibilità di evacuare tutte le persone presenti entro il tempo di evacuazione).

Naturalmente, questo ultimo caso rivelerà che il piano di evacuazione deve essere migliorato. Allora, siccome l'esercizio di simulazione di evacuazione deve essere rifatto, sul piano modificato si deve eseguire un ulteriore passaggio di questa fase (fase 1, vedi capitolo 2.2.4).

Ci sono due modi (indicati dai codici *EvacR* e *VertSh*) per fare questi miglioramenti:

(EvacR) aumento del flusso (degli evacuati) lungo le direzioni di fuga con:

1. allargamento delle strade esistenti

e/o

2. costruzione di vie aggiuntive.

(VertSh) riduzione del tempo per raggiungere il rifugio verticale più vicino mediante l'aumento del sistema dei rifugi verticali con:

1. aumento della capacità dei rifugi esistenti

e/o

2. costruzione di rifugi verticali aggiuntivi [Nagao, 2005].

Quando il contesto operativo è caratterizzato da aree abitate sul lungomare, i miglioramenti di tipo EvacR sono difficili. Inoltre, anche miglioramenti di tipo

VertSh-1 sembrano piuttosto teorici. Ne consegue che, si predilige la ricerca di soluzioni VertSh-2.

Problemi particolari che derivano dal comportamento umano possono alterare significativamente i risultati dell'implementazione dell'evacuazione e quindi la corrispondente simulazione. In caso di evacuazione verticale, si possono verificare due diversi comportamenti: cercare di salire (persone che ricevono e capiscono l'allarme, conoscono cosa devono fare e lo fanno), e cercare di uscire (persone che vogliono uscire dall'edificio per qualsiasi ragione). Un modello importante di evacuazione verticale sviluppato al Centro dei Disastri del Pacifico (Pacific Disaster Center) Kihei Maui HI tech, nel 2007, ha dimostrato come il comportamento individuale potrebbe rallentare il movimento complessivo, creare ingorghi stradali e bloccare l'accesso alle zone sicure durante l'evacuazione verticale [Jul, 2007].

### 2.2.3 Analisi della simulazione dell'evacuazione e definizione delle mappe con il GIS

L'analisi della simulazione dell'evacuazione ha lo scopo di identificare se una rete esistente di vie di fuga (verso rifugi orizzontali e verticali) e di rifugi verticali possa soddisfare le esigenze di un'evacuazione completa entro il tempo richiesto. Per questo, l'analisi della simulazione di evacuazione valuta l'andamento di un piano di evacuazione e come tale è uno strumento eccellente per chi deve prendere le decisioni operative. L'obiettivo è l'identificazione delle aree problematiche (distretti, vie di fuga, ecc.).

I dati geografici, insieme ad altre informazioni importanti<sup>2</sup> che potrebbero avere un ruolo decisivo durante la simulazione dell'evacuazione, vengono analizzati geograficamente con il GIS per produrre una serie di mappe che possono fornire:

- La copertura generale dei rifugi verticali dell'area dell'inondazione;
- L'elaborazione dell'andamento (cioè dell'efficienza) degli evacuati sulla rete di strade da usare per l'accesso ai rifugi orizzontali e verticali;
- La stima del numero dei residenti serviti dalla rete di rifugi stabilita (considerando la capacità dei rifugi);
- La valutazione dell'adeguatezza complessiva della rete di rifugi (numero / posizione / capacità) e l'identificazione delle inadeguatezze e delle lacune.

<sup>2</sup> Queste possono riguardare luoghi che richiedono un'attenzione e un interesse particolare, conosciuti come colli di bottiglia, recinzioni, muri o strade piene di macchine parcheggiate.



Sulla base delle mappe “Mappa delle Strade e dei percorsi principali”, della “Mappa dell'inondazione e delle zone sicure” e della “Mappa dei rifugi verticali” si simula un'evacuazione della popolazione esposta. Così, per tutti i distretti (o quadranti o suddivisioni) della zona a rischio maremoto si fanno valutazioni sulla popolazione residente<sup>3</sup> che ha le seguenti opzioni

1. correre alla strada più vicina o segmento di percorso e seguire le vie di fuga fino al rifugio orizzontale o verticale più vicino, oppure
2. rimanere nell'edificio (e spostarsi ai piani alti<sup>4</sup>) nel caso in cui l'edificio faccia parte della rete dei rifugi verticali.

Per ragioni pratiche, vengono fatte le seguenti assunzioni:

1. La capacità di ogni segmento di una via di fuga non ha un ruolo significativo tranne che in casi particolari (per es. quando troppe persone arrivano contemporaneamente allo stesso segmento e iniziano a correre). Tuttavia, questa situazione dovrebbe essere affrontata in modo appropriato, specialmente in caso di tempi di evacuazione molto corti. Gli autori suggeriscono una soluzione “indiretta”: un aumento drastico del tempo per il rifugio successivo per questi evacuati.
2. Non tutte le persone dello stesso distretto / quadrante / suddivisione si presentano contemporaneamente (cioè entro il primo minuto) sul segmento di via di fuga più vicino, permettendo così qualche flessibilità rispetto alla capacità necessaria al segmento. Vedi anche i commenti nella sezione 2.2.1.
3. Si assume una velocità media umana di 1 m/s, ma si considera una velocità inferiore quando la superficie su cui le persone si devono muovere è difficile (v. il layer costo-superficie qui sotto). Per esempio, sulle spiagge, si assume una velocità media umana di 0.5 m/s.
4. Si considera solo l'evacuazione pedonale, escludendo così l'uso di automobili<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> Di solito, viene assunto un massimo di popolazione temporaneamente presente, comprendendo in questo modo i lavoratori, gli alunni e gli studenti delle scuole, i turisti, anche se questi abitano da un'altra parte.

<sup>4</sup> In generale, come minimo si dovrebbe salire al terzo piano.

<sup>5</sup> L'evacuazione pedonale viene considerata come il modo più efficiente di evacuazione poiché una grande quantità di automobili può danneggiare l'evacuazione. L'uso di automobili può essere permesso in alcune circostanze: disponibilità di tempi di allarme molto lunghi, disponibilità di infrastrutture stradali molto buone, un numero di evacuati

5. Le persone con particolari necessità non vengono considerate in questo esercizio di simulazione; in ogni caso queste devono essere considerate separatamente dalle autorità (vedi capitolo 2.3.5).

### Produzione delle mappe di simulazione dell'evacuazione

La metodologia per produrre le soprammenzionate mappe/layer specifici per l'evacuazione pedonale viene implementata secondo i seguenti passaggi (da A a G):

#### **A) Il layer costo-superficie**

Tutte le analisi GIS successive richiedono un layer tematico fondamentale, il layer “costo-superficie”. Il livello costo-superficie è un raster layer che rappresenta la funzione tempo-costi (costo in termini di tempo) dell'elemento in movimento (evacuato) per attraversare una distanza di un'unità (un metro) del raster layer.

Il layer costo-superficie considera solo quelle aree su cui i pedoni si dovrebbero spostare durante un processo di evacuazione organizzato (cioè rete di strade, zone di spiaggia). Tutte le altre aree (principalmente edifici, fiumi, campi, ecc.) vengono esclusi da ulteriori considerazioni.

Per produrre layer/mappe di evacuazione il più possibile generali (cioè indipendenti dalle unità di misura), il valore tempo-costi, assegnato ad ogni cella del layer costo-superficie, rappresenta una quantità adimensionale che ha significato solo in relazione al costo assegnato alle altre celle. Così, nell'analisi che segue, per esprimere il tempo-costi per ogni cella, viene utilizzata un'unità di tempo non specifica al posto di reali unità di tempo (secondi, minuti, ecc.).

#### **B) La mappa dei punti rifugio**

La “Mappa dei rifugi verticali” (vedi anche il capitolo 2.2.1) mostra gli edifici nell'area inondata adatti ad ospitare un numero sufficiente di evacuati.

D'altro canto, i rifugi orizzontali sono definiti in via indiretta dalla “Mappa dei luoghi inondata e sicuri” (vedi anche il capitolo 2.2.1). Siccome i rifugi orizzontali potrebbero essere situati molto lontano dalla zona inondata, per motivi di calcolo è più conveniente assumere come “rifugio orizzontale” tutti quei punti dove le vie di fuga intersecano il contorno delle aree inondate.

---

molto ridotto. Per esempio, in alcuni luoghi (poco abitati) degli Stati Uniti, l'evacuazione a mezzo di veicoli è consentita.



### C) La mappa del tempo

Usando i layer costo-superficie e i "punti rifugio", si può calcolare una mappa delle distanze, pesata con il costo, usando uno strumento appropriato di GIS.

Secondo l'approccio di SCHEMA, i punti rifugio vengono considerati come punti sorgente e i valori di costo saranno espressi in termini di tempo: ogni cella riporterà il tempo necessario per andare al rifugio più vicino seguendo il percorso più veloce (col minimo costo).

In generale, questa mappa rivelerà le parti dell'area di evacuazione che necessitano più tempo per essere evacuate [Laghi et. al 2007; Graehl e Dengler, 2008].

### D) Definizione dell'area/zona coperta dai punti rifugio (destinazione di rifugi/regioni)

Lo scopo di questa analisi è di stabilire l'area / il quartiere da assegnare ai rifugi che sono stati inclusi nel piano di evacuazione.

La "superficie tempo-costo" viene usata nell'analisi "destinazione del costo" di GIS e viene ulteriormente integrata con i layer "rifugio" per dividere l'intera area in compartimenti, che rappresentano le zone che potrebbero servirsi dello stesso punto rifugio. Ad ogni compartimento viene assegnato un numero identificativo unico, uguale al numero identificativo dell'edificio (Figura 10) considerato rifugio verticale nel contesto del piano di evacuazione in caso di maremoto.

### E) Distanza in tempo dal rifugio più vicino

Lo scopo di questa analisi è di fornire un'identificazione della vicinanza di ogni rifugio al rispettivo segmento di strada/percorso. Questa indicazione è un indice di performance del rifugio ai fini dell'evacuazione. L'analisi è basata sulla mappa "attribuzione di rifugi/strade" presentata in precedenza.

La mappa "Distanza in tempo dal rifugio più vicino" (per es. Figura 11) rappresenta il tempo necessario per raggiungere il rifugio più vicino da qualsiasi punto della rete di strade/percorsi.

L'analisi identifica i segmenti di strada e i luoghi distanti dai rifugi a cui bisognerebbe prestare particolare attenzione durante un'evacuazione, dato che le persone che provengono da queste aree non avranno abbastanza tempo per evacuare. Questa mappa può essere integrata con le mappe del rischio maremoto (mappe che mostrano il tempo di arrivo della prima onda, la profondità del flusso, il massimo livello dell'acqua) per stimare il tempo disponibile per le procedure di evacuazione in ogni punto dell'area di interesse e per identificare le aree vulnerabili (secondo gli scenari di maremoto adottati per la simulazione) a

causa dei limiti di tempo necessario ai residenti per raggiungere luoghi o edifici sicuri (tempo insufficiente per l'evacuazione).



**Figura 10: Suddivisione del territorio in zone, ognuna servita da un rifugio verticale (caso dell'area campione di Mandelieu, trattata nel progetto SCHEMA)**



**Figura 11: Mappa delle classi di distanze dal rifugio più vicino (caso dell'area campione di Mandelieu); in questo esempio, le aree colorate dal giallo al rosso coincidono con i segmenti di strade più distanti.**

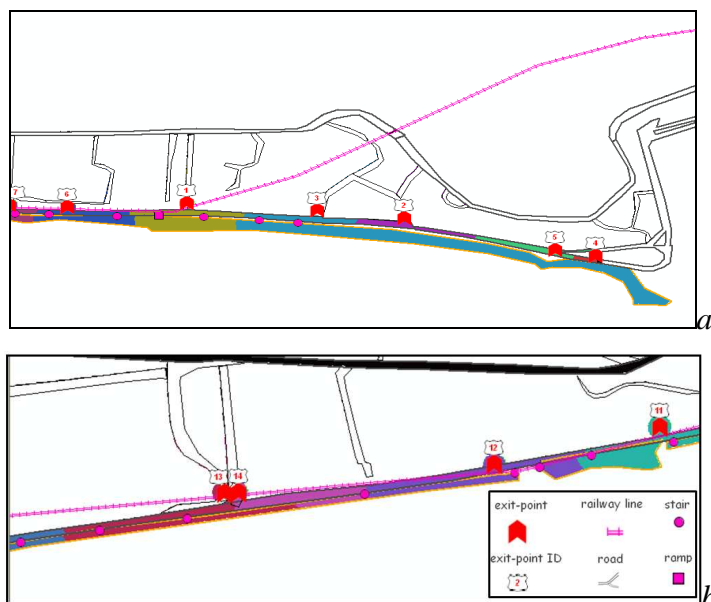
### F) Definizione dell'area servita dai punti di uscita/fuga (attribuzione di uscite/regioni)

La seguente analisi è concettualmente simile alla definizione dell'area/zona coperta da ogni punto rifugio presentata precedentemente; l'attenzione si sposta però sulle zone più critiche (per es. le spiagge), dove non ci sono rifugi e dove la priorità è che i presenti devono essere evacuati poiché si trovano in grande pericolo. Se ne considerano le caratteristiche di accesso ed uscita o fuga (come scale, sottopassaggi, rampe, ecc.) che si trovano ai limite (contorno) della zona. Tutte le rimanenti parti del contorno sono considerate ostacoli (cioè recinzioni o muri).

I risultati di questa analisi mostrano la divisione delle zone critiche in sotto-aree che corrispondono al punto di fuga più vicino. Inoltre, ogni sotto-area ha un numero identificativo identico a quello del punto di fuga. In Figura 12a, per esempio, il segmento di strada corrispondente è diviso tra i punti di uscita 2 e 3, mentre il segmento di spiaggia adiacente, alla sua destra, è attribuito completamente al punto di uscita 2, semplicemente per la mancanza di scale (pallini viola in figura) verso la strada dalla parte della spiaggia.

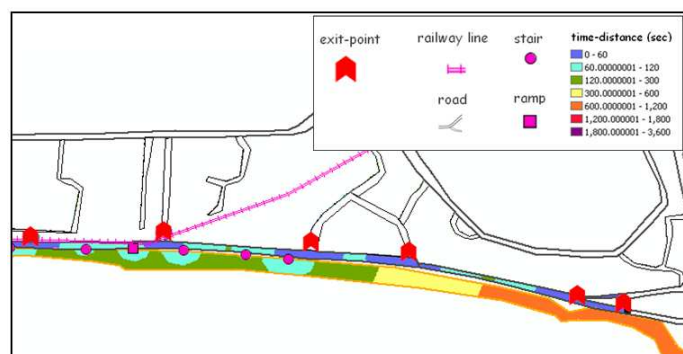
#### G) Distanza di tempo per raggiungere il punto di fuga più vicino

La "distanza di tempo dal punto di fuga più vicino" riguarda le zone più critiche per l'evacuazione in caso di maremoto (per es. le spiagge, le strade vicino alla spiaggia), dove non ci sono rifugi e che necessitano di avere la priorità di evacuazione poiché i presenti sono in grave pericolo. Questa analisi calcola il tempo necessario a raggiungere il punto/luogo più vicino che può essere considerato un punto di uscita dall'area in pericolo verso le aree più interne e più sicure. La legenda (codice di colori) esprime il tempo in secondi sulla base delle assunzioni della velocità media di una persona che cammina a 3600 m/h (1m/s) sulle superfici delle strade, e una velocità di circa 1800 m/h (0.5 m/s) su superfici più irregolari (cioè difficili, per es. spiagge, scale, ecc.).



**Figura 12 (a, b):** Attribuzione delle sotto-aree all'interno di una zona critica corrispondenti a ogni punto di fuga (area campione di Cannes-Mandelieu. Ogni sotto-zona è rappresentata da un colore diverso)

L'analisi in Figura 13, per esempio, identifica le sotto-aree lontane dai punti di fuga. Questo è il caso particolare delle aree colorate in rosso e giallo (vedi anche le spiegazioni della Figura 12a).



**Figura 13:** Mappa della distanza in tempo di una zona critica dal punto di fuga più vicino (area campione di Mandelieu)

#### 2.2.4 Iterazione della fase 1

La prima fase della procedura di progettazione dell'evacuazione deve essere effettuata usando le funzionalità della mappa di simulazione dell'evacuazione. Infatti, **la prima versione di un piano di evacuazione è valida se la simulazione rivela che tutta la popolazione coinvolta sarà evacuata in tempo.** Se ciò non avviene, allora, si devono apportare delle modifiche seguendo le tecniche indicate in precedenza.

I miglioramenti del tipo EvacR (vedi 2.2.2) dovrebbero avere la priorità, poiché rappresentano l'opzione migliore (e probabilmente più economica) per evacuare la gente verso zone naturali più sicure. L'evacuazione verso i rifugi orizzontali è la più semplice: non bisogna effettuare nessuna ispezione aggiuntiva, invece necessaria per i rifugi verticali.

I miglioramenti di tipo VertSh potrebbero essere previsti se le possibilità di evacuazione di tipo EvacR fossero saturate. I miglioramenti di tipo VertSh-1 avranno probabilmente minori possibilità di venire realizzati, mentre analisi di tipo VertSh-2 potrebbero qualche volta avere un senso; per esempio, costruzioni verticali a piattaforma situate sulle spiagge potrebbero essere un luogo sicuro eccellente e facile da raggiungere per le spiagge affollate.

Una volta che uno o più cicli di analisi sono stati effettuati, si dovrebbe calcolare nuovamente la mappa di simulazione di evacuazione (del capitolo 2.2.3).

### 2.3 Pianificazione di evacuazione e la sua implementazione (fase 2)

Si deve segnalare e riprodurre su carta e in formato elettronico la rete delle vie di fuga, i punti di raccolta-persone e i rifugi di emergenza, per divulgare queste informazioni critiche a tutte le persone potenzialmente coinvolte. Poi i risultati delle simulazioni di evacuazione dovrebbero essere integrati col piano di evacuazione,

che a sua volta deve essere comunicato in modo efficiente al pubblico.

Gli organi più appropriati per gestire la divulgazione del “piano di evacuazione pubblico” sono le autorità locali in carica della protezione civile. Si possono considerare anche la televisione e la radio, la stampa ed internet utili strumenti per comunicare gli elementi del piano di evacuazione.

L'obiettivo delle attività della fase 2 è quello di progettare e divulgare un piano di evacuazione in cui le vie di fuga, i punti di raccolta-persone, i luoghi sicuri e i rifugi di emergenza siano segnalati chiaramente. L'implementazione di un piano di evacuazione prevede anche che il significato di evacuazione sia assimilato dalla popolazione potenzialmente colpita attraverso esercitazioni e dalle amministrazioni pubbliche con la definizione degli obiettivi e con l'assegnazione di risorse per mantenere “vivo” il piano di evacuazione stesso.

### 2.3.1 Segnaletica

Il modo più efficace per informare il pubblico sulle vie di fuga e sui rifugi è di installare dei cartelli. Gli elementi definiti nella fase 1, come le vie di fuga, i siti sicuri, i punti di raccolta, ecc. dovrebbero essere segnalati sul terreno all'interno della zona di evacuazione. Le vie di fuga dovrebbero essere segnalate lungo l'intero percorso. I segnali delle strade di evacuazione devono essere posti molto tempo prima del bisogno effettivo e mantenuti in modo adeguato per informare le persone sulle strade disponibili e sui percorsi che li guideranno al di fuori delle aree ad alto rischio (dalla Figura 14 alla Figura 16).

La zona a rischio maremoto dovrebbe essere segnalata nel suo insieme fornendo così ulteriori informazioni alle persone che vi entrano e che la lasciano. In questo modo, chiunque e in particolare i non residenti possono essere avvisati in modo adeguato. Cartelli aggiuntivi dovrebbero essere collocati all'interno della zona a rischio, specialmente in quei luoghi dove si concentrano molte persone, come spiagge, parchi e lungo-mare attrezzati. Questo avrebbe un effetto di ripetizione.

Inoltre, anche tutti i rifugi identificati, orizzontali e verticali, dovrebbero essere segnalati. I rifugi orizzontali mostrano una persona che scappa da un'onda verso una collina, una piattaforma o un terrapieno. I cartelli dei rifugi verticali invece mostrano una persona che scappa verso un edificio (con un'entrata e delle finestre).

Esistono diversi cartelli in vari paesi del mondo, per la zona a rischio maremoto, per le vie di evacuazione in caso di maremoto, per i siti di evacuazione in caso di maremoto, e per l'entrata e l'uscita dalla zona a rischio maremoto. Dal 2008, l'UNESCO/IOC incoraggia gli stati

membri a sviluppare e usare una segnaletica e simboli per maremoto che rispettano gli standard ISO per promuovere una comprensione ed un comportamento coerente in aree con diverse giurisdizioni locali, nazionali e internazionali. È stata approvata l'introduzione di tre cartelli di base (pericolo/zona di evacuazione, rifugio orizzontale, rifugio verticale; Figura 14) nello standard ISO 20712, che fornisce le specifiche e le direttive sui cartelli di sicurezza per i pericoli associati all'acqua.



**Figura 14:** segnali inseriti nello standard ISO 20712 che mostrano la zona di evacuazione in caso di maremoto e i rifugi orizzontali e verticali.

Questi tre cartelli rappresentano lo standard minimo; si suggerisce, dove è necessario, che simboli supplementari o scritte vengano aggiunte al cartello standard. Potrebbe anche essere necessario completare i cartelli con indicazioni su cosa fare e che direzione prendere nella zona di allarme [Kong, 2000]. Il cartello di via di evacuazione tondo (per esempio in Figura 16) potrebbe diventare obsoleto poiché è stato introdotto negli anni '90 o prima; secondo i suggerimenti dell'UNESCO/IOC [ISO Tsunami Signs, 2008] la via di evacuazione potrebbe essere segnalata lungo l'intero percorso mostrando il segnale di evacuazione (ognuno con una freccia al di sotto) con il tipo di rifugio che una persona in fuga potrebbe aspettarsi alla fine della via di evacuazione (Figura 14) o perfino con il nome del sito che serve da rifugio (Figura 15).



**Figura 15:** segnali di evacuazione approvati dagli standard ISO lungo una via di evacuazione specifica.

Come ogni altra via di fuga, una via di fuga in caso di maremoto dovrebbe essere segnalata in modo che il suo percorso sia immediatamente visibile, facile da ricordare ed inequivocabile. I cartelli dovrebbero essere posti lungo le strade stabilite come vie di evacuazione in caso di maremoto. Le persone in fuga da edifici, una



volta raggiunto il percorso di fuga sulla terra, dovrebbero sapere immediatamente in che direzione scappare. Inoltre, è utile indicare i siti dei vari cartelli nella mappa di evacuazione in caso di maremoto (vedi capitolo 2.2.2).



**Figura 16: Cartelli stradali permanenti di via di evacuazione negli Stati Uniti (cartelli obsoleti)**

### 2.3.2 Istruzioni e divulgazione

La produzione di volantini e di opuscoli è fondamentale per comunicare le istruzioni generali al pubblico. Le persone che abitano o lavorano in regioni soggette a maremoti devono essere consapevoli della pericolosità, del rischio correlato e del modo in cui devono comportarsi in caso di allarme. Generalmente si forniscono informazioni ai vari gruppi di popolazione distribuendo volantini e/o opuscoli che comprendano e spieghino, in modo sintetico, i seguenti punti:

- Che cos'è un maremoto;
- Che cosa sono la pericolosità ed il rischio associati ad un maremoto;
- Quali sono le precauzioni di base;
- Come prepararsi (kit di emergenza);
- In che modo verranno comunicati gli allarmi o le allerte;
- Una mappa:
  - della zona a rischio, che comprende le zone pericolose e le zone sicure,
  - dei luoghi dei punti di raccolta-persone: rifugi e luoghi sicuri,
  - delle vie di evacuazione;
- Esempi dei cartelli ISO della zona a rischio maremoto;
- Esempi dei cartelli ISO dei rifugi per l'evacuazione;

- Cosa fare se c'è un'allerta o un allarme;
- Cosa fare dopo un allarme.


Si preferisce integrare le diverse mappe in una mappa composita e renderla il più possibile facile da capire. La Figura 17 e la Figura 18 mostrano possibili testi e figure che potrebbero far parte di un opuscolo composito.

I volantini e/o gli opuscoli dovrebbero essere distribuiti secondo un piano predefinito che assicuri che siano incluse tutte le istruzioni adatte per tutti i membri dei nuclei familiari. Si dovrebbero informare senza escluderle anche le persone che vi soggiornano temporaneamente (lavoratori esterni e impiegati, turisti, ecc.). Bisogna inoltre prestare attenzione agli utenti della rete stradale (automobilisti), ai passeggeri nelle stazioni dei treni, e ai passeggeri dei porti o perfino degli aeroporti. La giusta divulgazione del piano di evacuazione specifico è cruciale per rendere ognuno consapevole del pericolo e delle istruzioni necessarie su come reagire in caso di allarme. Di conseguenza, si dovrebbero distribuire degli opuscoli ben elaborati nei luoghi chiave (edifici pubblici, uffici e aree di lavoro, stazioni e complessi turistici, stanze di albergo, spiagge, ecc.), si dovrebbe abilitare la comunicazione dei messaggi di allarme (avvisi nelle strade, schermi elettronici per il traffico, ecc.) e si dovrebbero mantenere aggiornati altri canali di divulgazione (internet, telefoni cellulari, ecc.).

I volantini hanno il vantaggio di essere qualcosa di concreto e di poter essere dati direttamente alle persone. Le persone possono lasciarli a casa in un posto frequentato spesso. Si dovrebbero poi utilizzare anche altri mezzi importanti di divulgazione delle informazioni come le pubblicità in televisione e i messaggi trasmessi via radio. I volantini preparati possono essere disponibili o distribuiti anche attraverso internet pubblicandoli nel sito web delle autorità locali o delle agenzie di protezione civile. I siti web delle comunità soggette a maremoti dovrebbero menzionare il rischio e dovrebbero concentrare l'attenzione sulle procedure di evacuazione in vigore. Il vantaggio particolare di internet è che si possono rendere disponibili le mappe interattive, permettendo così di identificare il rischio di un posto specifico [Merati et al., 2004], la vulnerabilità e la via di evacuazione prevista. Gli utenti possono inserire la loro posizione esatta e ottenere una risposta immediata sulla loro situazione personale.

## Tsunami Evacuation Map: Gearhart

**The information in this brochure may save your life. Please take the time to read it and share what you have learned with your family and friends.**



### What to Know and What to Do About Tsunamis

A tsunami is a series of sea waves usually caused by a displacement of the ocean floor by an undersea earthquake. As tsunamis enter shallow water near land, they increase in height and can cause great loss of life and property damage.

Recent research suggests that tsunamis have struck the Oregon coast on a regular basis. They can occur any time, day or night. Typical wave heights from tsunamis occurring in the Pacific over the last 80 years have been 20–45 feet at the shoreline. A few waves however have been much higher—as much as 100 feet or more—because of local conditions.

We distinguish between a tsunami caused by an undersea earthquake near the Oregon coast (LOCAL TSUNAMI) and an undersea earthquake far away from the coast (DISTANT TSUNAMI).

A **LOCAL TSUNAMI** could come onshore within 15 to 20 minutes after the earthquake—before there is time for official warning from a national warning system. Ground-shaking from the earthquake may be the only warning you have. Evacuate quickly!

A **DISTANT TSUNAMI** will take four hours or more to come onshore. You will feel no earthquake, and the tsunami will generally be smaller than that from a local earthquake. There will typically be time for an official warning and evacuation to safety. Evacuation for a distant tsunami will generally be indicated by a **STEADY 3-MINUTE SIREN BLAST** and an announcement over NOAA weather radio that the local area has been put into an official **TSUNAMI WARNING**. In isolated areas along beaches and bays you may not hear a warning. Here, a **SUDDEN CHANGE OF SEA LEVEL** should prompt you to move immediately inland to high ground. If you hear the 3-minute blast or see sudden sea level changes, evacuate away from shoreline areas, then turn on your local broadcast media or NOAA weather radio for further information.

**FOR BOTH DISTANT AND LOCAL TSUNAMIS:**

1. Evacuate on foot if at all possible because of potential traffic jams.
2. Stay away from potentially hazardous areas until you receive an **ALL CLEAR** from local officials. Dangerous waves can persist for several hours, and local officials must inspect all flooded or earthquake-damaged structures before anyone can go back into them.
3. If you need help evacuating, tie something **WHITE** (sheet or towel) to the front door knob. Make it large enough to be visible from the street. If the emergency is a distant tsunami, then help may arrive. In the event of a local earthquake and tsunami, it is unlikely that anyone will help you, so make a plan and be prepared!
4. After evacuation, check with the local area commander if you can help with special skills or need assistance with locating lost family.

**Be prepared! Assemble emergency kits with a three-day supply for each member of your family.**

1. First aid kit and reference guide.
2. Water—½ gal. drinking water per person per day, plus the same amount for hygiene and cooking.
3. Food (packaged, canned, no-cook, baby food and for special diets).
4. Can opener (non-electric).
5. Blankets or sleeping bags.
6. Fire extinguisher (A-B-C type).
7. Essential medications.
8. Money.
9. Food and water for pets.
10. Portable radio, flashlights, & batteries.
11. Alternate cooking source & matches.
12. Heavy gloves and sturdy shoes.
13. Crescent wrench (12" or longer for utility shut off).

Figura 17: La sezione “Cosa sapere e cosa fare per i maremoti” di un opuscolo (NB il cartello è obsoleto)



Figura 18: Mappa di evacuazione in un opuscolo delle contee di Aberdeen e Hoquiam lungo le coste dello stato di Washington, Stati Uniti.



### 2.3.3 La preparazione

Le comunità locali devono essere educate e preparate sul piano di evacuazione esistente in caso di maremoto. Il piano di comunicazione, gli equipaggiamenti compresi nel piano di evacuazione e il livello di risposta degli evacuati deve essere verificato nel contesto delle esercitazioni di evacuazione. Bisogna organizzare esercitazioni di evacuazione in edifici pubblici, seminari per catene alberghiere nelle regioni costiere e campagne di informazione per le minoranze ed i gruppi vulnerabili. Inoltre, esercitazioni di evacuazione devono essere programmate per gruppi specifici come:

- gli scolari e gli studenti (vedi la Figura 19),
- gli anziani e i disabili,
- il personale delle strutture sanitarie,
- il personale alberghiero,
- i lavoratori dell'industria e del terziario,
- le organizzazioni non governative (per es. la croce rossa).

Le esercitazioni devono essere organizzate dalle autorità locali e dai servizi di protezione civile, i quali devono considerare i seguenti punti:

- identificare le categorie interessate,
- discutere ed accordarsi sugli obiettivi dell'esercitazione,
- i ruoli e le responsabilità,
- il livello di partecipazione delle categorie interessate,
- stabilire la data e l'ora dell'evacuazione,
- sviluppare una sceneggiatura per i controllori per seguire e fornire l'input,
- notifiche pubbliche (Figura 20, in basso).



**Figura 19: Esercitazione di evacuazione di studenti (La Push County, Washington, USA).**

Le esercitazioni di evacuazione e la preparazione potrebbero consistere in un'evacuazione completa, riunendo tutti nei punti di raccolta designati nell'intervallo di tempo stabilito necessario per un'evacuazione sicura. In alternativa, può essere prevista un'esercitazione semi-operativa di evacuazione, che finisce quando le persone coinvolte raggiungono le vie di fuga corrispondenti. L'esercitazione della fuga lungo le vie predisposte verrà ignorata. Per questo, l'esercizio simula solo l'inizio di un'evacuazione.

La coordinazione è un elemento chiave durante le esercitazioni di evacuazione poiché le autorità locali devono tener conto di

- come i servizi locali (per es. i trasporti pubblici, le scuole, ecc.) possano essere influenzati durante l'esercitazione,
- come le attività locali e l'amministrazione pubblica possano venire influenzate,
- quale organizzazione (indipendente) possa servire da osservatore e da ente valutatore,
- se la stampa e i mezzi di telecomunicazione possano venire coinvolti in modo efficiente.



a



b

**Figura 20: Esercitazione di evacuazione a La Push (costa di Washington) in alto (a) e ad Andaman (Tailandia), in basso (b).**



### 2.3.4 **Compiti per le autorità durante l'evacuazione**

Un'evacuazione ben fatta richiede degli interventi significativi da parte delle autorità locali per garantire che si svolga nel più breve tempo possibile. Quindi, le autorità responsabili devono pianificare una molteplicità di operazioni per diversi compiti specifici dopo che è stato emesso un allarme maremoto:

- Le autorità locali hanno la responsabilità di evacuare gli edifici pubblici e di controllare il traffico locale durante l'evacuazione. L'evacuazione di scuole, ospedali e case di riposo va analizzata in dettaglio per garantire una giusta attribuzione di risorse. Inoltre, bisognerebbe sapere dove si trovano le persone con bisogni speciali, per assicurare la loro evacuazione.
- Le autorità locali dovrebbero considerare l'evacuazione delle aree vicino alla costa che potrebbero essere affollate, specialmente nella stagione estiva. Particolare attenzione va data all'evacuazione dei porti poiché vi potrebbero essere molte persone al lavoro.
- Le autorità dovrebbero stilare una lista di potenziali colli di bottiglia (parti strette delle vie di fuga o qualsiasi altro ostacolo che diminuisca drasticamente il flusso degli evacuati) che potrebbero rendere necessaria la previsione di una speciale supervisione. Per esempio, l'identificazione dei cosiddetti "punti di fuga", come menzionato in 2.2.3.G, fa parte di questo caso.
- Si dovrebbero elaborare dei piani predefiniti per il blocco delle strade. Per esempio, in una prima fase, impedire gli spostamenti privati in entrata nella zona a rischio maremoto; poi in seguito, deviare anche i trasporti pubblici.

### 2.3.5 **Manutenzione delle vie di fuga e dei siti adibiti a rifugio**

I responsabili locali devono assicurare che, una volta predisposto e approvato un piano di evacuazione, questo venga regolarmente mantenuto verificando, per le vie di evacuazione:

- lo stato di accessibilità,
- i cambiamenti della loro capacità.

Per i rifugi di emergenza da usare nel piano di evacuazione, bisognerebbe considerare:

- l'accessibilità ai rifugi di emergenza,
- la disponibilità di rifugi aggiuntivi,
- i cambiamenti di capacità dei rifugi di emergenza.

Le vie di evacuazione potrebbero diventare inaccessibili in modo permanente o temporaneo a causa di lavori stradali, con conseguenze sull'efficacia del piano di evacuazione. Inoltre, le strade potrebbero essere modificate, con possibili alterazioni della capacità rispetto a quella assunta nel piano originale. Aggiungere divisorii spartitraffico in una strada potrebbe, per esempio, ridurre la capacità.

I responsabili locali devono garantire regolarmente che gli elementi di base di un piano di evacuazione esistente siano validi. Così come le strade che servono come vie di evacuazione devono essere mantenute per non alterarne la capacità, allo stesso modo i rifugi di emergenza devono essere tenuti liberi così che possano fornire un luogo sicuro al numero programmato di evacuati. Nel caso in cui i rifugi di emergenza forniscano servizi (per es. acqua, kit di emergenza, ecc.), anche questi dovrebbero essere tenuti in ordine.

### 2.3.6 **Compiti organizzativi per le autorità**

Il mantenimento di un piano di evacuazione necessita il coinvolgimento attivo di persone specializzate e autorizzate, e la destinazione di risorse per assolvere questo compito. Per questo, parte dello sviluppo di un piano di evacuazione dovrebbe essere prima di tutto l'assegnazione di risorse umane e finanziamenti per assicurarne la manutenzione. L'organico del personale permanente dovrebbe essere rafforzato con l'integrazione di più specialisti in caso di emergenza.

Tutto il personale permanente e di emergenza deve sottoporsi ad addestramenti per eseguire correttamente tutti i compiti assegnati.

Un'implementazione affidabile e una manutenzione costante del piano di evacuazione dovrebbero ridurre qualsiasi deviazione significativa dai suoi obiettivi e da un suo efficace impiego. Le ispezioni regolari dovrebbero essere registrate in una tabella con matrice decisionale annessa, la quale potrebbe rivelare le azioni necessarie da prendere per ristabilire lo stato desiderato.

### 2.3.7 **Iterazione della fase 2**

Un piano di evacuazione esistente in caso di maremoto e la sua implementazione devono essere monitorati da vicino su base regolare<sup>6</sup>. Il piano di evacuazione potrebbe essere sottoposto a revisioni nel caso in cui si debba intervenire per:

- rimuovere, spostare o sostituire i cartelli,
- rifare i volantini e gli opuscoli,
- informare i nuovi residenti,

<sup>6</sup> Ovviamente tocca ai responsabili locali decidere la frequenza di questi controlli; se giornaliera, mensile o annuale.

- mantenere le vie di fuga libere da ostacoli,
- mantenere i rifugi accessibili e in buono stato,
- rimediare a cambiamenti significativi di risorse umane e finanziarie delle autorità.

Le autorità dovrebbero essere informate in continuazione sulle persone che hanno bisogno di attenzioni specifiche, in edifici pubblici o ospedali.

Si devono organizzare periodicamente esercitazioni di evacuazione, si deve valutare il loro risultato e si devono proporre le modifiche potenzialmente necessarie al piano esistente. Si devono organizzare regolarmente delle riunioni con la popolazione esposta per familiarizzarla con il piano di evacuazione esistente.

Si dovrebbe prendere in considerazione il deterioramento dello stato delle vie di fuga (non accessibilità o blocco permanente; capacità ridotta) e/o dei siti dei rifugi (non accessibilità; capacità ridotta) per trovare le alternative adatte. Nella Tabella 2 viene presentata una panoramica dei controlli regolari da fare da parte delle autorità locali.

**Tabella 2: Punti da considerare e controlli nella fase 2**

<b>Punti da considerare e controlli</b>	<b>Frequenza suggerita</b>
Controllo dello stato dei cartelli di evacuazione	mensile
Controllo dello stato delle vie di fuga	mensile
Controllo dello stato dei rifugi	mensile
Addestramento di evacuazione	biennale per una formazione completa; annuale per esercitazioni semi-operative
Controllo dell'uso continuo delle vie di fuga (se ci sono ostacoli, ecc.)	da giornaliera a settimanale
Informazioni ai nuovi residenti	Durante il cambio di residenza
Controllo della mappa di evacuazione (pubblica) (nuove strade, nuovi edifici pubblici, ecc.)	annuale
Controllo dello stato del piano di destinazione delle risorse	mensile

La Tabella 3 fornisce una serie di suggerimenti<sup>7</sup> per decidere se rivedere un piano di evacuazione esistente

nell'iterazione della fase 1<sup>8</sup> o della fase 2. Per esempio, è ovvio che cambiamenti importanti della rete stradale invalidino un piano di evacuazione esistente. Per questo, il sistema di rifugi e vie di fuga deve essere nuovamente convalidato con l'iterazione dell'intero processo sulla base delle nuove realtà.

In alternativa, le iterazioni della fase 2 sono dovute a modifiche minori nella segnaletica, occupazioni di edifici pubblici, traffico stradale, e cambiamenti nella destinazione di risorse.

**Tabella 3: Suggerimenti per la revisione di un piano di evacuazione esistente**

<b>Situazione</b>	<b>Iterazione della fase 1 (suggerita)</b>	<b>Iterazione della fase 2 (suggerita)</b>
Cartelli mancanti o in cattivo stato		Sostituzione dei cartelli
Cambiamenti della rete stradale (usata come vie di fuga)	Obbligatoria in caso di cambiamenti sostanziali (perdita di accessibilità, riduzione della capacità, cambiamenti di aspetto, per es. spartitraffico nelle strade)	Consigliabile per cercare aggiustamenti da fare in caso di calo di capacità < 5%
Degrado dei rifugi orizzontali (nell'entroterra)	Obbligatoria in caso di cambiamenti sostanziali (perdita di accessibilità, riduzione di capacità > 10%,)	altrimenti: restauro dei rifugi orizzontali
Degrado dei rifugi verticali	Obbligatoria se vi sono cambiamenti significativi (non esistenza, calo di capacità > 2%, perdita di accessibilità)	altrimenti: restauro dei rifugi verticali
Nuovi requisiti per la formazione		Revisione del piano di formazione
Materiale di comunicazione e istruzioni obsoleto (volantini, internet)		Revisione del materiale esistente (volantini, internet)
Nuovi residenti		Istruzioni individuali
Destinazione di risorse obsoleta		Revisione del piano di destinazione delle risorse

<sup>7</sup> Questi suggerimenti sono dei consigli e come tali non sono vincolanti; specialmente i valori menzionati in percentuali potrebbero essere interpretati in modo diverso dai responsabili locali.

<sup>8</sup> Deve essere chiaro che un'iterazione della fase 1 implica anche la ripetizione della fase 2; per esempio, una nuova o una via di fuga modificata implica una modifica della segnaletica.

## 2.4 Adozione del piano di evacuazione, monitoraggio e aggiornamento (fase 3)

Una volta che un piano di evacuazione in caso di maremoto è completamente operativo, ci sono ancora due questioni da considerare in modo più dettagliato. Prima di tutto, i valori assunti per alcuni parametri di base quali l'altezza attesa dell'onda di maremoto ed il tempo di arrivo atteso dell'onda corrispondente a tutte le sorgenti potenziali conosciute potrebbero subire delle revisioni a causa di nuove conoscenze o risultati scientifici. Altra problematica da considerare è l'integrazione del piano di evacuazione locale nel sistema di allarme maremoto, nei piani di emergenza regionali, e nelle procedure di evacuazione associate ad altre calamità. L'adozione del piano di evacuazione per maremoto potrebbe implicare la necessità di apportare semplici adattamenti e/o limitazioni all'approccio complessivo dei piani di evacuazione, ma se questo dovesse essere impossibile, allora occorrerebbe rivalutarne l'adozione stessa.

### 2.4.1 Integrazione con il sistema di allarme

Un piano di evacuazione in caso di maremoto ha un punto di inizio: un allarme che dà il via al processo di evacuazione. Inoltre, il tempo di arrivo atteso della prima onda è calcolato dal momento in cui viene emesso formalmente l'allarme. Un sistema di allarme può funzionare su base gerarchica e ricevere in questo modo allarmi emessi a livello nazionale, che a loro volta potrebbero essere emessi a seguito della ricezione di allarmi emessi da sistemi regionali o addirittura sovra-regionali. Per questo i collegamenti locali col sistema di livello superiore devono essere garantiti e implementati correttamente. Gli allarmi ricevuti devono essere interpretati nel modo corretto a livello locale e trasmessi nel modo appropriato a seconda della procedura locale di comunicazione degli allarmi.

Le autorità locali devono continuamente supervisionare il funzionamento del sistema che emette l'allarme. In assenza di un collegamento continuamente operativo, le comunità potrebbero progettare un piano di attivazione per un allarme locale.

### 2.4.2 Integrazione con altri piani di emergenza

Le comunità potrebbero avere più di un piano di emergenza disponibile, specifici per diversi tipi di calamità che potrebbero colpire il proprio territorio. Perciò un piano di evacuazione in caso di maremoto potrebbe essere modificato o adattato per integrarlo con altri piani di emergenza. Nel caso di un piano di azione regionale largamente utilizzato per la riduzione del rischio in generale, si dovrebbero prevedere degli adattamenti appropriati.

Le calamità tipiche che devono affrontare le regioni soggette a maremoti sono:

- terremoti,
- frane,
- inondazioni o piogge incessanti,
- incendi,
- tempeste.

In particolare, si noti che un maremoto potrebbe essere preceduto da un terremoto; per questo motivo, i piani di preparazione per un terremoto devono essere integrati in un piano di evacuazione generale in caso di maremoto. Solitamente i tempi di allarme variano in modo significativo (pressoché zero in caso di terremoto). Anche per questo gli obiettivi di evacuazione sono diversi. I punti comuni da considerare sono i seguenti:

- I rifugi verticali selezionati (edifici con un livello di vulnerabilità classificati come E2 e di sufficiente altezza, vedi l'Appendice e la sezione 2.2.1) dovrebbero in ogni caso essere in grado di "sopravvivere" ad un terremoto precedente.
- Le persone che sono riuscite ad uscire da un edificio pubblico dovrebbero evacuare nella direzione di evacuazione in caso di maremoto.

Le comunità potrebbero avere un piano di azione locale o far parte di un piano regionale che si occupa della riduzione del rischio e della resistenza e del recupero da una calamità. L'interazione con una comunità dovrebbe coprire tutte le fasi della gestione della calamità: prevenzione, preparazione, risposta e recupero. Le attività da svolgere durante le varie fasi si riferiscono ai sistemi di allarme, all'implementazione delle misure di mitigazione, all'addestramento e alla creazione di expertise e anche alla distribuzione e alla gestione di questi compiti.

### 2.4.3 Valutazione di fattibilità ed accettazione

La maggior parte delle analisi condotte fin qui trattano più gli aspetti teorici di quelli pratici. Potrebbe accadere che problematiche specifiche nel piano siano implementate meglio in maniera diversa. Solitamente ci dovrebbero essere dei "punti di ascolto" che raccolgono le lamentele ed i suggerimenti per miglioramenti dove possibile.

Rendere operativo un piano di evacuazione in caso di maremoto significa anche convincere le persone coinvolte dell'importanza e della necessità di un tale piano. Per questo è cruciale conoscere se il piano abbia raggiunto tutti gli interessati e se il piano venga compreso da tutte le persone coinvolte. Di

conseguenza le problematiche di accettazione dovrebbero essere raccolte col tempo e analizzate dalle autorità responsabili.

Le autorità locali (e/o regionali) sono caldamente incoraggiate a valutare il livello di preparazione e di comprensione del rischio con la popolazione coinvolta. Si potrebbero raccogliere contributi importanti dalle persone coinvolte per la pianificazione dell'evacuazione sulla fruibilità delle vie di fuga e dei rifugi, così come sulla distribuzione delle informazioni e sull'accettazione generale delle procedure di evacuazione.

Per questo, il coinvolgimento della popolazione non dovrebbe essere visto come dannoso per l'intero processo di pianificazione dell'evacuazione, ma piuttosto come una fonte preziosa di informazioni che aiuta a perfezionare i dettagli di un piano di evacuazione esistente.

#### 2.4.4 **Mantenimento a lungo termine**

Indipendentemente dalle problematiche che riguardano l'integrazione con altri piani di emergenza, si dovrebbe rivedere regolarmente un piano di evacuazione esistente in caso di maremoto e la sua attuale implementazione, per esempio su base annuale o almeno biennale. Le ragioni potrebbero essere molteplici:

1. nuove conoscenze sui maremoti potrebbero rivelare una nuova altezza massima di onda o un nuovo tempo atteso di arrivo della prima onda;
2. un cambiamento significativo del numero di persone coinvolte potrebbe significare che la capacità delle vie di fuga o dei rifugi identificati non sia più sufficiente<sup>9</sup>;
3. i cambiamenti della rete stradale a causa di nuove strade avrebbero in effetti ripercussioni sulle nuove possibili vie di fuga da incorporare;
4. le nuove costruzioni potrebbero servire come rifugi verticali aggiuntivi;
5. la modifica della normativa potrebbe significare che nuovi standard (per es. la rete spaziale delle vie di fuga, la segnaletica, ecc.) debbano essere rispettati;
6. l'adattamento ad altri piani di emergenza potrebbe significare che si deve analizzare l'azione combinata di più piani e se ne devono eliminare le ridondanze;

<sup>9</sup> È possibile anche il caso contrario: se il numero delle persone coinvolte diminuisce in modo significativo, la distribuzione spaziale delle vie di fuga e dei rifugi potrebbe venire modificata di conseguenza.

7. la valutazione di fattibilità e l'analisi di accettazione del piano potrebbero significare che parti decisive del piano di evacuazione esistente siano difficilmente accettate e che sarebbe meglio che venissero modificate.

Le autorità locali dovrebbero valutare possibili modifiche di questo tipo al piano di evacuazione e dovrebbero intraprenderle seguendo la matrice decisionale mostrata in Tabella 3.

#### 2.4.5 **Revisione (a lungo termine o fase 3)**

Il lavoro di mantenimento della fase 3 è un processo che dura per molti anni. In primo luogo, ogni anno bisogna eseguire ispezioni regolari sul funzionamento del sistema di trasmissione degli allarmi e analizzare le assunzioni di base del rischio di maremoto. Inoltre, devono essere affrontate le questioni che dovessero sorgere su problematiche legali e sull'integrazione con altri piani di emergenza. Infine, anche le questioni di accettazione e fattibilità dovrebbero essere analizzate su base regolare. Di solito le iterazioni della fase 3 riguardano lavori preparatori per eventuali iterazioni della fase 1 o della fase 2. In caso di identificazione di importanti cambiamenti o di discrepanze dei parametri o dei fattori fondamentali, dovranno essere eseguiti altri tipi di iterazione, principalmente iterazioni della fase 1. Le iterazioni della fase 2, che non mettono in discussione gli elementi fondamentali del piano, potrebbero essere eseguite se si riscontrano cambiamenti minori della segnaletica e dei rifugi. Allo stesso modo, potrebbero essere effettuate modifiche leggere ma necessarie nelle pubblicazioni (volantini, internet) in un'iterazione della fase 2.

La seguente Tabella 3 presenta alcune problematiche e le azioni di risposta suggerite (ripartire dalla fase 1, dalla fase 2, o una ripetizione della fase 3), seguendo l'approccio del progetto SCHEMA.

**Tabella 3: Problematiche della fase 3 e iterazioni suggerite**

<b>Problema</b>	<b>Iterazione della fase 1 (suggerita)</b>	<b>Iterazione della fase 2 (suggerita)</b>	<b>Iterazione della fase 3 (suggerita)</b>
Identificazione di una nuova altezza d'onda di maremoto	Obbligatoria se $\Delta h > 50$ cm		
Identificazione di un nuovo tempo di arrivo atteso	Obbligatoria se $\Delta t > 5$ min		
Aumento della popolazione coinvolta	Obbligatoria se $\Delta n > 2\%$ in un distretto		
Costruzione di nuove strade	Consigliabile se il sistema di vie di fuga cambia in modo significativo	Consigliabile con cambiamenti di secondaria importanza (per es. cambiamenti locali)	
Costruzione di nuove strutture che potrebbero servire come rifugi orizzontali	Consigliabile se fosse possibile un cambiamento significativo	Consigliabile per cambiamenti di secondaria importanza (cambiamenti locali)	
Costruzione di nuove strutture che potrebbero servire come rifugi verticali	Consigliabile se ci si aspetta cambiamenti significativi	Consigliabile per cambiamenti di secondaria importanza (cambiamenti locali)	
Cambiamenti di normativa	Consigliabile se i cambiamenti non riguardano i calcoli di base; Obbligatoria quando i cambiamenti implicano una modifica delle assunzioni di base (per es. altezza d'onda, tempo di arrivo)	Obbligatoria per cambiamenti della segnaletica, delle strutture dei rifugi, della distribuzione spaziale delle vie di fuga; Obbligatoria per nuovi requisiti di divulgazione (volantini, internet) o di formazione	Consigliabile per indagini (se il piano di evacuazione attuale rispetta i vincoli legali) e preparazione per le iterazioni future di fase 1 o fase 2
Sovrapposizione / integrazione con altri piani di emergenza	Obbligatoria se la rete esistente di vie di fuga e rifugi non sia sufficiente	Consigliabile se la segnaletica e i rifugi possono essere riutilizzati; consigliabile se si può organizzare la divulgazione (volantini, internet) e la formazione collettiva.	Consigliabile per indagini (aggiustamenti, ridondanze) e per ottimizzare l'uso comune delle risorse; consigliabile per la preparazione delle future iterazioni di fase 1 o fase 2
Suggerimenti per questioni di fattibilità e di accettazione		Consigliabile se si possono ottenere miglioramenti evidenti nella segnaletica, nell'assetto delle vie di fuga, nella divulgazione (volantini, internet) e nella formazione	Consigliabile per indagini e per la preparazione delle future iterazioni di fase 1 o fase 2



### 3 Aspetti sociologici di accettazione del pericolo e dell'evacuazione: analisi dell'area campione di SCHEMA a Setúbal (Portogallo)

#### 3.1 Contesto e presentazione dello studio

Una questione molto importante per l'elaborazione di un piano di evacuazione e per la sua accettazione è la considerazione dei fattori umani nella gestione del pericolo e dell'accettazione dell'evacuazione. È una fase importante per l'*implementazione locale* di un piano di evacuazione. A Setúbal, questo studio è stato effettuato seguendo un approccio psicosociale.

Gli argomenti principali sono il comportamento di gruppo, la percezione sociale, la rappresentazione mentale, la percezione spaziale, gli atteggiamenti e le relazioni tra questi fattori ed i comportamenti osservati.

Dato che è impossibile valutare ogni persona, la ricerca psicosociale viene condotta solitamente su un piccolo campione di persone rispetto al numero della popolazione. I risultati di questi studi tendono a essere specifici e focalizzati, piuttosto che generali e globali.

L'indagine condotta sul sito di Setúbal comprende uno studio qualitativo, applicato a un campione selezionato di popolazione, e interviste a persone con ruolo chiave (d'ora in poi indicate come attori chiave).

Le linee principali di questa ricerca sono:

- l'impatto dei contesti ambientale, economico e sociale sulla capacità di reazione della popolazione e degli attori chiave a un allarme di evacuazione
- il livello di percezione del rischio, la rappresentazione spaziale le rappresentazioni del rischio; il loro impatto sui comportamenti voluti e osservati.
- il livello e la capacità di interazione tra gli attori chiave (interazioni interne) e la popolazione (interazioni esterne)

I risultati forniscono un quadro chiaro delle opinioni e del comportamento volontario delle persone potenzialmente coinvolte da maremoto nell'area di Setúbal.

Si fa notare che i risultati non sono rappresentativi di nessun altro sito soggetto a maremoti, e che studi simili devono essere implementati in ogni sito prima dell'elaborazione di un piano di evacuazione che deve

tener conto delle percezioni della popolazione, degli attori chiave e della consapevolezza del rischio di maremoto. I metodi che sono stati utilizzati sono spiegati qui di seguito, mentre in appendice viene fornita copia del questionario.

#### 3.2 Impatto dei comportamenti nel contesto specifico di Setúbal

##### 3.2.1 Fattori ambientali e sociali

Setúbal è una città di medie dimensioni ed è situata a 40 km da Lisbona. È una città portuale di 118.696 abitanti, costruita lungo la costa.

L'intera regione è soggetta a terremoti; durante il grande terremoto e maremoto del 1755 la città è stata distrutta. Nel dicembre 2009 si è verificato un piccolo terremoto che è stato sentito dalla popolazione.



**Foto 1: il lungomare di Setúbal (fonte: autorità portuali di Setúbal); in fondo a destra, la penisola di Troia con le strutture turistiche.**

- Il centro storico della città (la zona turistica e commerciale) è stato ricostruito dopo il terremoto e il maremoto del 1755 senza implementare le norme antisismiche. È composto di strade molto piccole e strette; il livello generale di mantenimento è povero per ragioni economiche. Questa zona affollata è molto conosciuta per le sue "vie dello shopping". Di giorno, le strade sono affollate; di notte sono praticamente vuote.



- Il viale principale Luisa Todì è stato ricostruito con i materiali e i detriti che ha lasciato il disastro del 1755; il viale crea una specie di barriera tra l'area portuale e la città vecchia. Un gran numero di ristoranti e di attività commerciali sono situati lungo questa strada creando una "zona di accumulazione del rischio".
- Il problema del traffico in generale, combinato con il parcheggio selvaggio, i lavori pubblici e le vie strette, crea ingorghi stradali e limita l'accesso ai mezzi di emergenza. Il flusso permanente di camion si aggiunge al traffico già importante sulla stretta strada costiera (camion, automobili parcheggiate e biciclette o bus).
- Edifici alti e moderni costruiti recentemente sono situati nelle parti più alte della città, lungo i letti di piccoli fiumi che scendono al mare attraversando la città e che possono provocare inondazioni. La rete fognaria dei tombini è insufficiente per far defluire l'acqua, soprattutto in concomitanza delle alte maree stagionali.

### 3.2.2 Contesto economico

- Il porto industriale si estende su 12 km lungo la linea costiera, costituita da installazioni portuali.
- L'area industriale dietro il porto comprende cinque impianti classificati "Seveso II" (ovvero pericolosi secondo i criteri della direttiva Seveso II del 1996 dell'Unione Europea).
- Il porto dei pescatori sta diminuendo le attività. La maggior parte delle barche hanno più di 30 anni e sono provviste di vecchi equipaggiamenti. La popolazione dei pescatori sta invecchiando e la professione non è più attraente per i giovani.
- La scomparsa recente delle antiche attività di industria di inscatolamento del pesce (115 unità quindici anni fa; nessuna oggi) ha influenzato il tasso di disoccupazione.
- Ci si aspetta che il turismo porti un nuovo dinamismo all'economia locale. Questo implica un cambiamento importante di immagine della città e miglioramenti delle spiagge e delle installazioni turistiche.
- Per la città, l'obiettivo è convincere i turisti a restare a Setúbal invece di andare a Troia (penisola di fronte a Setúbal, vedi Foto 1).

Dalla descrizione precedente, il sito mostra la maggior parte delle possibili difficoltà per l'implementazione di un piano di evacuazione come descritto dal manuale.

Inoltre, di giorno la maggior parte della popolazione a rischio (che vive lungo la costa) lavora negli impianti,

nel porto, negli uffici o nei negozi nel centro di Setúbal; di notte abita vicino al mare o nelle parti alte di Setúbal. Un piano di evacuazione deve tener conto di conseguenza dei luoghi in cui si trovano le persone e della fattibilità di evacuazione.

### 3.3 Metodi di indagine utilizzati a Setúbal

Per comprendere gli input istituzionali e sociali, due ricerche sono state fatte sul sito<sup>10</sup>:

#### 3.3.1 Indagine qualitativa su un campione definito di popolazione

L'indagine è stata costruita su una griglia di interviste, dopo un'indagine preliminare, con metodologie incrociate di associazioni di parole, domande aperte o chiuse, mappe mentali e ridondanze osservate nelle risposte raccolte. Tutte le interviste sono state fatte di persona (faccia a faccia).

Le mappe mentali sono state usate per misurare la consapevolezza del campione dello spazio e dei mezzi predisposti per l'evacuazione:

Durante il questionario, agli intervistati veniva presentata una mappa di Setúbal, invitandoli ad indicare il luogo dove vivono e lavorano, la loro rappresentazione della zona a rischio maremoto, i luoghi sicuri, e a scegliere una strada per una potenziale evacuazione.

Le mappe mentali costituiscono una base per le scelte spaziali e le decisioni. Le preferenze spaziali degli individui sono collegate al livello di attrazione esercitato dal posto, insieme alla distanza memorizzata che li separa da questo posto e dalla familiarità che hanno con questo posto. Questa informazione porta alla costruzione di una mappa mentale dell'ambiente.

#### 3.3.2 Interviste di persona agli attori istituzionali

Le interviste agli attori principali della mitigazione del rischio ha lo scopo di ottenere una visione d'insieme della loro consapevolezza, preparazione e preoccupazione per il rischio di maremoto e per l'evacuazione e di capire come potrebbero interagire tra loro in caso di maremoto. Gli attori chiave sono i maggiori rappresentanti della vita economica locale e dei diversi settori di attività che interverrebbero in caso di evacuazione per un maremoto. L'attenzione è stata concentrata sui collegamenti tra di essi.

<sup>10</sup> Un'indagine su 15 attori chiave e un'indagine sulla popolazione per un totale di 42 persone (20 maschi, 22 femmine); tutti possono essere considerate come coinvolti poiché abitanti e/o al lavoro nella zona a rischio maremoto.

### 3.4 Risultati da entrambe le indagini sottolineano specifiche debolezze

#### 3.4.1 Vulnerabilità strutturali per la mancanza di collegamenti sistematici tra i maggiori attori della mitigazione del rischio

Dalle interviste degli attori, abbiamo sottolineato che un'adeguata percezione del rischio è inutile se le attività professionali limitano la sua integrazione a un livello decisionale.

Nel grafico dei collegamenti esistenti tra gli attori, rappresentato in Figura 21 è ovvio che alcuni attori sono isolati. In caso di maremoto, sembra che un allarme non potrebbe raggiungere ogni servizio degli attori locali.

Allo stato attuale delle cose, la protezione civile locale è convinta che non riceverà immediatamente l'allarme dagli istituti scientifici. Infatti, in occasione del terremoto del 17/12/2009, la protezione civile locale ha dovuto farsi parte attiva e telefonare all'Istituto Nazionale di Meteorologia responsabile del monitoraggio sismico in Portogallo per avere informazioni sul terremoto.

Secondo gli attori chiave, le prime informazioni verranno da osservazioni dirette dal momento che la gente avverte il terremoto. Ma il collegamento terremoto-maremoto non verrà fatto automaticamente se ci riferiamo a cosa è stato detto da insegnanti, servizi tecnici, ecc.

E' in via di sviluppo un nuovo sistema di comunicazione con la popolazione. Nuovi terminali di collegamento radio, situati nel centro storico, permetteranno una comunicazione immediata con i servizi di emergenza.

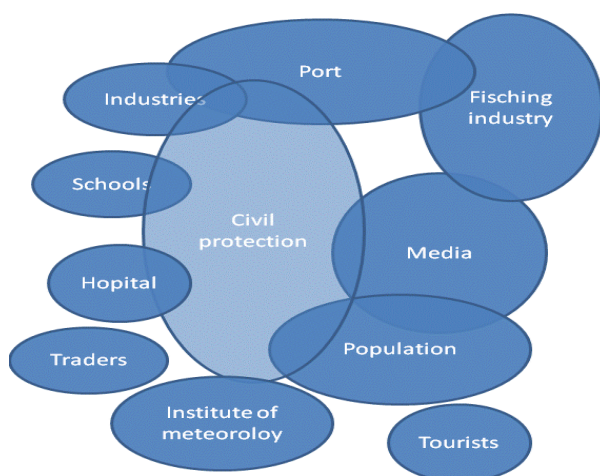


Figura 21: Interazione tra gli attori.

La Figura 22 mostra una sintesi visiva dei risultati delle interviste con gli attori chiave suddivisi per settore di attività.

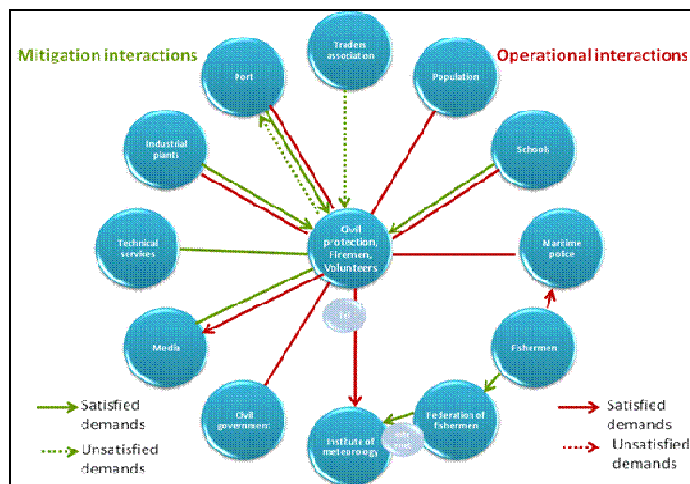


Figura 22: Comunicazione tra gli attori e grado di soddisfazione.

#### 3.4.2 Vulnerabilità sociali per un basso livello di consapevolezza del rischio di maremoti

L'analisi del campione mostra che oggi la percezione del rischio e la conoscenza sono scollegati dal comportamento (di cui si ha esperienza o dal comportamento voluto).

##### 1) Rappresentazione di un luogo sicuro

Il campione doveva dare la sua definizione di "luogo sicuro", pensando a un evento di maremoto.

Il campione è coerente con la sua conoscenza delle istruzioni: un luogo sicuro è lontano dal mare e situato in un posto alto. Analizzando le mappe mentali, viene confermato che l'altezza è un elemento estremamente considerato per l'identificazione delle aree di sicurezza. Una volta disegnata la zona di probabile impatto di maremoto, ci potremmo aspettare che le zone sicure siano situate abbastanza vicino al limite della zona di inondazione. Invece, sulla mappa, la maggior parte del campione le colloca molto al di fuori della zona d'impatto.

Questo rivela un'intenzione di comportamento di evitare al massimo il pericolo, combinando la distanza orizzontale e verticale rispetto all'onda. Un luogo sicuro viene compreso come un luogo situato il più lontano possibile dall'onda di maremoto. Provare ad accedere ad un posto sicuro lontano, tuttavia, aumenta l'esposizione di essere colpito da un'onda di maremoto.

La voce "facile da raggiungere da dove ti trovi" viene citata da diverse persone. La voce "un posto dove ci si

raggruppa tutti insieme” viene citata solo da poche persone e il fatto di essere lontani da edifici viene citato da una sola persona.

L'identificazione delle aree sicure è basata su informazioni adeguate: la distanza verticale e orizzontale dalle onde.

## 2) Coinvolgimento in comportamenti protettivi

Il coinvolgimento individuale nella mitigazione del rischio dipende da tre funzioni: la valutazione individuale del rischio (questo rischio è importante per me o solo per altre persone?), la comprensione della vicinanza del rischio (questo rischio avrà un impatto sui miei valori e beni?) e la capacità di reagire (ho un'opportunità di azione e di controllo del rischio?).

A Setúbal molti attori chiave ci hanno detto: “il segreto per salvare le persone è di fidarsi di loro e di prepararli” o: “per un allarme efficiente in caso di emergenza, le persone devono sapere cosa fare e che noi ci fidiamo di loro”.

Nell'indagine, la preparazione in caso di maremoto viene rifiutata da molte persone perché o pensano che la preparazione non possa essere per niente utile in una situazione simile oppure pensano che non arriverà un maremoto.

## 3) Mobilitazione a livello locale e partecipazione all'elaborazione di un piano di evacuazione

La maggior parte degli intervistati desidera partecipare a incontri nel loro quartiere per l'elaborazione di una pianificazione di evacuazione, mentre poche persone affermano che non sono interessate. Il sesso non sembra influenzare il desiderio di partecipazione.

Il desiderio di partecipazione è sempre un mezzo di mantenere il controllo sul processo decisionale, di ottenere più informazioni, di capire il meccanismo in gioco. È anche un segno di apertura a imparare e deve essere bilanciato con il rifiuto, citato precedentemente, di prepararsi a reagire a un maremoto.

Al campione è anche stato chiesto quali persone e organismi devono essere coinvolti nella preparazione di un piano di evacuazione: era una domanda aperta; gli intervistati avrebbero potuto dare il nome dei leader della comunità o di persone specifiche conosciute per il loro coinvolgimento nel campo delle calamità naturali.

Per il campione, la fiducia e l'efficacia sono garantiti dapprima dalla protezione civile, poi dal comune. Il quartiere, l'autorità portuale o l'esercito sono citate ognuna da due persone. Gli esperti sono citati da poche persone.

La scelta, da parte del campione, del servizio istituzionale e ufficiale in carico dell'emergenza può essere vista come il desiderio di lasciare la questione del piano di evacuazione agli specialisti; se acconsentono di partecipare, non vogliono essere in prima linea, è un atteggiamento passivo. Allo stesso tempo, la fama locale del servizio di protezione civile (il direttore) e della squadra dei pompieri ha ricevuto qui una specie di riconoscimento dagli abitanti.

Il campione spiega la sua scelta: la protezione civile ha la capacità, la conoscenza e la responsabilità, mentre il comune è collocato al margine del potere, della responsabilità e della coordinazione.

È interessante notare che la voce “protezione” non viene citata in relazione al comune e la protezione civile; i risultati possono essere correlati con la percezione di una scarsa preparazione della città e con il bisogno di proteggersi (vedi i risultati del questionario).

Anche se è presente un interesse per la prevenzione dei maremoti e per la pianificazione dell'evacuazione, la mobilitazione della popolazione non è ancora organizzata ed è ancora considerata come materia di servizio pubblico. Nessuno emerge come referente o come leader nel quartiere tranne i servizi pubblici operativi.

La protezione civile locale è chiaramente identificata e riconosciuta per la sua capacità, la sua responsabilità e la sua conoscenza in materia. Questi punti spiegano la fiducia enorme verso la protezione civile locale. Diversi punti spiegano la fiducia verso il comune, come la sua responsabilità e il suo potere. Viene anche menzionata la capacità di coordinazione.

## 4) Comportamenti osservati e organizzati

Il terremoto del 17 dicembre 2009 (Mw 5.5 alle 1:37 UTC) è sembrato un'occasione per questo studio: è stato assunto che la recente esperienza di un terremoto porti la gente a riconoscere la loro esposizione al rischio; nel questionario veniva chiesto agli intervistati di descrivere cosa avevano sentito e quali erano state le loro prime azioni o richieste di informazioni.

Più di metà del campione ha affermato di aver sentito il terremoto di dicembre 2009 e di sapere del terremoto e del maremoto del 1755 a Setúbal; solo una persona ha menzionato un terremoto negli anni ottanta più forte di quello del 2009. Inoltre, il campione ha dato una descrizione spaventosa delle conseguenze potenziali di un terremoto.

Ciononostante, l'esperienza del terremoto di dicembre 2009 (Mw 5.5) sembra non aver avuto nessuna influenza sulla percezione del rischio; la conoscenza è

presente o latente tra il campione, ma non implica una sensazione di pericolo. Inoltre, la maggior parte delle persone possono citare istruzioni da seguire in una situazione di terremoto, ma solo tre persone lo hanno fatto davvero. Si può dire che la conoscenza è scollegata dal comportamento; l'immagine di un terremoto è troppo astratta per essere integrata nel comportamento concreto.

Nel dicembre 2009, il campione non fece un collegamento immediato tra un terremoto e un maremoto, tranne le persone con una formazione specifica come un infermiere o un pescatore. La preparazione ai rischi ha un ruolo essenziale nel determinare la giusta reazione.

Sembra che la maggior parte delle volte, il collegamento tra un terremoto e un maremoto sia presente a un livello teorico o conoscitivo; ma nel campione di Setúbal questo collegamento non è stato attivato spontaneamente da una situazione reale.

Quando le persone hanno dovuto disegnare sulla mappa di Setúbal i limiti di un maremoto possibile, la maggior parte del campione sembra usare lo scenario peggiore, quello del 1755. Ma dall'umore generale delle risposte, il riferimento è più topografico e legato a una buona conoscenza della città.

Si può dire che l'informazione del rischio di maremoto è presente attraverso storie e memorie del passato; ha creato un'immagine della "peggiore inondazione" della città; ma questa immagine non è efficace nell'indurre un comportamento corretto.

Il questionario rivela inoltre l'intenzione di usare veicoli piuttosto che scappare a piedi durante un processo di evacuazione. Questo si potrebbe spiegare dalla localizzazione delle zone sicure lontane e dalla loro altezza, ma questa scelta rivela che emergono potenziali problemi se si considerano gli ingorghi di traffico e la possibile ostruzione delle strade da edifici crollati a causa di un terremoto.

### 3.5 Conclusioni

In generale, le autorità immaginano che le persone aspetteranno le istruzioni o seguiranno le istruzioni, mentre la persona non esperta, senza una formazione specifica, valuterà la situazione da sola a seconda di diversi fattori basati sulla sua esperienza, la sua conoscenza o la sua cultura.

Si dovrebbe fornire un'educazione per insegnare a proteggersi immediatamente e per mantenersi in contatto con i canali di informazione, a condizione che le persone incaricate possano fornirle abbastanza rapidamente.

I fattori che ostacolano l'organizzazione delle procedure di allarme maremoto e di evacuazione e quelli che tendono a facilitare la preparazione delle comunità costiere in caso di maremoto sono sintetizzati in Tabella 4. Sono organizzati in tre grandi gruppi: il primo (Rappresentazione e conoscenza) si riferisce al contesto mentale e al livello di conoscenza del rischio; il secondo (Responsabilità) riguarda la personale accettazione del coinvolgimento in un comportamento protettivo di fronte al rischio; l'ultimo (Capacità) è legato alla capacità di un comportamento protettivo adeguato e ad utilizzare i mezzi esistenti.

A Setúbal, all'inizio dell'indagine, non c'erano abbastanza contatti tra gli aspetti organizzativi e sociali. Ma prima della sua fine nuove misure sono state sviluppate dalla città e ciò dimostra l'utilità di questo studio.

Ciononostante, in generale, qualsiasi sia la qualità dei piani di evacuazione, il corso degli eventi potrebbe non essere come ci si aspetta. La conoscenza delle linee guida non garantisce l'adozione di comportamenti appropriati.

Sebbene il terremoto del 2009 sia avvenuto solo tre mesi prima che questa indagine venisse intrapresa, non ha indotto un comportamento protettivo. Bisogna tenere a mente che, in caso di terremoto, la prima mossa di un essere umano è istintiva e spesso è di paralizzarsi dalla paura. Esperimenti e esercizi a vuoto creano la memoria del corpo che può aiutare a tenere un comportamento adeguato.

È stato affermato che un coinvolgimento attivo nella preparazione e nella realizzazione di un piano di evacuazione locale è richiesto dalla maggior parte degli intervistati. Questo ha sottolineato che il piano di evacuazione dovrebbe tener conto delle opinioni spesso non realistiche delle persone che pensano di scappare in auto, taxi o perfino in autobus. Le possibilità di evacuazione in caso di maremoto sono deboli per la popolazione che vive lungo la costa, a meno che non venga implementato un miglior sistema di allarme.

Le esperienze di tutto il mondo, come del Cile nel 2010, ci danno una lezione interessante ed efficiente. Il maremoto del Cile del 2010 (generato dal terremoto di Maule, M 8.8, avvenuto il 27 febbraio) non ha causato tantissimi danni in termine di vite umane (meno di 500) a causa di un'esperienza precedente molto ben integrata (1960) e di una politica di prevenzione. Per esempio, tutte le città costiere hanno implementato un segnale "a rischio" in un'intera area e hanno segnalato le vie di evacuazione verso i luoghi sicuri.

Questo esempio cileno dimostra **l'efficienza dell'integrazione del comportamento operativo alla conoscenza astratta**. Da questa integrazione, un



comportamento adeguato per un'evacuazione efficace potrebbe **emergere spontaneamente**, a seconda della situazione specifica

**Tabella 4: Fattori che facilitano la preparazione ai maremoti e fattori che la ostacolano**

	Fattori favorevoli	Fattori contrari
<b>Rappresentazione e conoscenza</b>	<p>Conoscenza di maremoti potenziali a Setúbal.</p> <p>Conoscenza relativamente buona delle istruzioni da seguire in caso di evento di terremoto e maremoto.</p> <p>Conoscenza della topografia della città e dei luoghi. Attaccamento affettivo alla città.</p> <p>Buona rappresentazione di cosa sia un luogo sicuro.</p>	<p>Mancanza di collegamento tra un terremoto e un maremoto.</p> <p>Azione istintiva di scappare il più lontano possibile col rischio di attraversare l'area inondata.</p> <p>Cercare di raggiungere un posto sicuro aumentando l'esposizione al pericolo. Idea non realistica di usare l'automobile per scappare da un maremoto.</p> <p>Mancanza di accettazione delle istruzioni in caso di evento reale collegato ad un basso livello di percezione.</p>
<b>Responsabilità</b>	<p>"La mia protezione e quella della mia famiglia dipendono da me".</p> <p>Desiderio di partecipazione all'elaborazione di un piano di evacuazione a livello locale.</p>	<p>"La protezione è responsabilità dei servizi pubblici e in particolare della protezione civile e del comune".</p> <p>Bassa percezione del bisogno di azioni collettive.</p>
<b>Capacità</b>	<p>Uso di moderni mezzi di comunicazione.</p> <p>Forte fiducia nelle autorità e nella protezione civile.</p>	<p>Erronea identificazione del canale televisivo per l'avviso di evacuazione.</p> <p>Rifiuto di essere formato per affrontare un maremoto.</p>

## 4 Difficoltà e limiti

L'approccio di SCHEMA fornisce un'ampia gamma di metodologie che permettono alla comunità di prepararsi per un disastro da maremoto. La metodologia è basata su conoscenze scientifiche che forniscono gli input di base sulle caratteristiche del maremoto atteso così che ogni calcolo ulteriore può essere applicato su questa base. In teoria, questo richiede l'uso di certe tecniche e la disponibilità di strumenti particolari. Inoltre, il collegamento con un sistema di allarme è in qualche modo cruciale. Ciononostante, la metodologia è stata progettata per fornire soluzioni di lavoro anche nel caso in cui manchino le informazioni necessarie e/o le risorse.

### 4.1 Assenza di un sistema di allarme

Nonostante che il numero di sistemi di allarme moderni (early warning systems EWS) installati o attualmente in corso di installazione sia in costante aumento, ci sono ancora diverse aree costiere che rimangono fuori dalla copertura di tali sistemi. In queste aree, indicatori "alternativi" possono essere usati come segno di un potenziale evento di maremoto. Tali indicatori includono:

1. terremoti sentiti o segnalati,
2. ritiro rapido e insolito o abbassarsi del livello del mare.

Il primo indicatore non è attendibile, nel senso che non porta necessariamente a onde di maremoto. Ciononostante può essere considerato un "input" per un allarme di maremoto; questo in particolare nel caso di luoghi che si sa essere soggetti a maremoti. Invece il ritiro rapido del mare (cioè da pochi fino a 20 minuti) o l'abbassarsi del livello del mare è considerato un valido segnale del potenziale verificarsi di un maremoto. In questo caso il tempo di arrivo dell'onda può proprio essere molto breve. Tuttavia, occorre anche rilevare che a seconda del tipo di sorgente e della posizione dell'area interessata rispetto alla sorgente, la prima manifestazione di un maremoto può anche essere un aumento anomalo del livello del mare senza un precedente ritiro del mare.

La difficoltà di far scattare un allarme in mancanza di un collegamento con un sistema di allarme (sovra)regionale si potrebbe superare solo tramite l'intervento di persone, con designazione ed autorizzazione specifica (e completamente responsabili), che facciano immediatamente scattare

un allarme locale nel momento in cui osservano o gli viene riferito un segnale di allarme "naturale". Questo è il caso principalmente di paesi poco equipaggiati. Molte delle considerazioni relative a questa particolare identificazione dell'allarme possono essere simili a quelle che si fanno per le aree dove sono presenti e operativi dei sistemi di allarme (EWS).

### 4.2 Assenza di strumenti di analisi

Al di là dell'assenza di un sistema di allarme operativo (EWS), l'assenza di strumenti appropriati di analisi è un dato frequente in molte parti del mondo e/o in aree remote. Ci sono comunità che vogliono realizzare velocemente piani di emergenza per la loro popolazione senza il condizionamento degli esperti. In questo caso, non è possibile implementare né calcoli numerici di mappe di inondazione né e la conseguente determinazione dei siti dei rifugi [Ministero degli Interni, Governo dell'India, 2005].

L'analisi rudimentale del rischio può essere eseguita assumendo una certa altezza d'onda di maremoto e selezionando così quei luoghi sicuri che sono situati sopra una determinata soglia, per es. dal terzo piano in su. La valutazione dell'impatto delle onde sulle costruzioni potrebbe essere fatto da un'analisi in sito prendendo in considerazione le caratteristiche delle costruzioni come resistenza, fondamenta, e anche la posizione degli edifici rispetto alla provenienza delle onde. La posizione delle costruzioni ha anche un ruolo importante poiché la prima fila di costruzioni è ovviamente molto più esposta alle onde in arrivo rispetto alle costruzioni in seconda fila.

Uno scenario ragionevole per ottenere soluzioni anche nel caso in cui gli strumenti di analisi non siano disponibili è di assumere un tempo di evacuazione massimo di 15 minuti e un'altezza d'onda di 10 m.

### 4.3 Assenza dei siti rifugio

La metodologia descritta assume che i siti dei rifugi (rifugi verticali e, con priorità, anche rifugi orizzontali e punti di raccolta-persone su terreno sicuro<sup>11</sup>) saranno in qualche modo disponibili. Mentre la disponibilità dei rifugi verticali è più un fatto di urbanizzazione o di intenzioni esplicite (piattaforme dedicate), la disponibilità dei rifugi orizzontali dipende

<sup>11</sup> In pratica, un'elevazione di 20 m è sufficiente, ma in caso di maremoto molto grande potrebbe aumentare fino a 50 m.

assolutamente dalla presenza di terreno più elevato nelle vicinanze. In natura, in particolare lungo le regioni costiere estremamente piatte, questo potrebbe essere un problema. L'esperienza ha provato che le onde di maremoto, se non ostacolate pesantemente da punti elevati sulle spiagge, potrebbero entrare a grandi distanze nell'entroterra, rendendo così problematico raggiungere da parte degli evacuati luoghi sicuri in aree costiere pianeggianti.

In tali casi, si deve aumentare il numero di costruzioni di rifugi verticali. Questi rifugi possono avere la forma di piattaforme di cemento o perfino di montagnole di terra. Soprattutto, dovrebbero resistere all'impatto delle onde. Nel caso in cui perfino questa alternativa non funziona, a causa per esempio di alti costi di costruzione, altre misure di mitigazione dovrebbero essere prese in considerazione, come per es. la costruzione a terra di frangiflutti o di chiuse marine.

Nel caso peggiore (nessun sito per i rifugi, nessun'altra misura di mitigazione possibile) non rimane che correre verso l'interno come unica pratica di evacuazione. In questo contesto, una distanza di 3 km dalla battaglia è generalmente considerata sufficiente.

#### **4.4 Mancanza di accettazione da parte della popolazione**

Si può capire da molte osservazioni e rapporti ufficiali che l'importanza delle procedure di evacuazione in caso di maremoto sia percepita malamente o sia scarsamente accettata dalla popolazione locale. Diversi fattori potrebbero contribuire a questo: prima di tutto, la pericolosità di un maremoto non è percepita a fondo a causa della sua bassa probabilità, specialmente in Europa e nel mare del Mediterraneo. In secondo luogo, le persone usano sovrastimare le proprie capacità nell'affrontare un'onda di maremoto. Molte persone pensano seriamente che potrebbero farcela se venissero inondati o se fossero trascinati da un'onda di maremoto.

Come in molte situazioni simili che riguardano le questioni di sicurezza, nessuna persona può essere costretta a tenere un comportamento sicuro. Il minimo che autorità locali possono fare è di adempiere ai loro doveri (istruzione, divulgazione, formazione) e di applicare delle procedure da imporre. In particolare, le autorità potrebbero imporre l'evacuazione degli edifici pubblici e applicare delle misure di controllo del traffico (deviazioni di strade o blocchi, ecc.). La distribuzione di informazioni ai residenti temporanei (negli alberghi, nei posti di lavoro, per le strade, nelle spiagge) dovrebbe essere imposta e controllata adeguatamente. Un esempio di piani di informazione e di pratica di mitigazione e di evacuazione in caso di un evento di

maremoto è dato dal programma Tsunami Ready Program ([www.tsunamiready.noaa.gov](http://www.tsunamiready.noaa.gov)).

La sensibilità nei confronti della sicurezza dovrebbe essere rafforzata costantemente tramite l'istruzione e l'informazione con internet e con delle pubblicazioni. I residenti locali dovrebbero essere informati dell'enorme e drastico impatto provocato da onde di maremoto.

#### **4.5 Mancanza di accettazione da parte dei responsabili**

Potrebbero nascere enormi problemi se i responsabili locali o regionali negassero l'importanza di un sistema di allarme in caso di maremoto e delle relative procedure di evacuazione. Questo avviene in particolare in aree turistiche dove le autorità locali, che temono che l'installazione di cartelli di allarme o di piani di evacuazione possa essere dannosa allo sviluppo economico, generalmente tendono a ridurre l'importanza di segnalare in modo appropriato l'area a rischio e di realizzare procedure valide di sicurezza.

Mentre la metodologia complessiva qui descritta è rivolta ai responsabili locali, potrebbe essere necessario applicare delle procedure di imposizione da parte dei responsabili nazionali. Si potrebbero definire a livello normativo le responsabilità delle autorità locali relative alla diramazione dell'ordine di evacuazione di fronte a strutture amministrative di protezione civile di livello superiore.

#### **4.6 Evacuazione della popolazione con bisogni speciali**

I gruppi speciali sono composti di persone che, a causa della loro situazione e dei loro bisogni, richiedono strategie di evacuazione diverse da quelle generali [Vogt, 1990 and 1991]. Il termine "popolazione speciale" è in qualche modo fuorviante nel senso che spesso essa viene considerata omogenea mentre in realtà presenta molte caratteristiche che sono diverse per limiti fisici o geografici e perciò occorre considerare di fatto parecchi tipi di popolazione speciale [Lindell et al., 1985]. Mentre alcuni gruppi speciali sono concentrati in istituti come scuole, prigionieri, ospedali, altre sono distribuiti su grandi distanze. Gli istituti dovrebbero avere piani di evacuazione individuali in caso di emergenza che devono essere integrati nei piani di evacuazione della comunità. Tra i gruppi distribuiti sul territorio ci sono le persone con forti riduzioni di udito o della vista, persone che parlano solo lingue straniere, persone di passaggio come automobilisti che transitano attraverso l'area, turisti o altri visitatori temporanei come i lavoratori, e le persone con difficoltà motorie confinati in residenze sia temporanee che permanenti.

La ragione per cui questi gruppi potrebbero non riuscire a rispondere agli allarmi e ad eseguire azioni protettive è che potrebbero avere bisogno di trasporti speciali, mentre altri avrebbero bisogno di diversi tipi di tecnologie per ricevere un allarme. Alcuni gruppi devono affidarsi a degli assistenti (come le scuole e i centri di cura) per sentire un allarme e reagire. Le persone nelle case di cura o nelle strutture di assistenza potrebbero presentare vari problemi collegati alla mobilità e alla capacità mentale che rendono l'evacuazione l'ultima spiaggia nella pianificazione dell'azione protettiva. La mancanza di mobilitazione potrebbe essere imposta in caso di prigionieri dove vincoli continui devono essere rispettati durante il processo di evacuazione.

Qui di seguito ci sono alcuni suggerimenti per i gruppi speciali:

Ospedali, case per anziani o per disabili, case di cura, prigionieri: l'evacuazione è generalmente difficile a meno che non ci sia un lungo tempo utile di allerta. Poiché tali strutture sono estremamente critiche, misure di preparazione rigide dovrebbero essere applicate preventivamente, cioè costruendole o in luoghi sicuri o come edifici classificati E2 (vedi l'appendice). In questo ultimo caso, ciononostante, rimane il problema di evacuare i primi due piani.

Scuole, asili e simili: potrebbe essere realizzato un piano di evacuazione individuale, in linea tuttavia con il piano di evacuazione generale; generalmente non dovrebbero esserci problemi nell'eseguire l'evacuazione. Potrebbe essere utile organizzare esercitazioni regolari.

Persone anziane o disabili residenti in case private: In generale, o queste persone vivono già in case con bassa vulnerabilità ai maremoti (classe di vulnerabilità E2) o le autorità dovrebbero conoscere i bisogni specifici e cercare di destinare del personale per la loro evacuazione.

## 4.7 Limiti degli allarmi di maremoto

Nonostante la loro devastazione potenziale, i maremoti sono calamità ancora piuttosto rare; resta difficile prevedere la loro propagazione in modo preciso. Per questo gli allarmi di maremoto potrebbero presentare alcuni limiti (vedi anche [UNESCO IOC Tsunami Programme, 2005]).

### 4.7.1 Bassa probabilità

Il principale ostacolo ad aumentare la consapevolezza che i maremoti possono essere un evento catastrofico è la bassa probabilità del loro verificarsi, specialmente in Europa e nel Mar Mediterraneo. I maremoti sono eventi rari. Potrebbero passare centinaia di anni prima

che un maremoto colpisca nuovamente lo stesso tratto di costa e perciò le persone tendono a sottovalutare il rischio di maremoto.

Come avviene per i grandi terremoti, che comunque si verificano raramente anche nelle regioni sismiche, la popolazione locale deve essere istruita a considerare il rischio di eventi rari, ma catastrofici. Le autorità devono fare opera di sensibilizzazione informando costantemente la popolazione delle nuove conoscenze (scientifiche), dei nuovi sviluppi che riguardano la rete delle vie di fuga, ed organizzando esercitazioni di evacuazione. Vedi anche il capitolo 4.4 (Mancanza di accettazione da parte della popolazione).

### 4.7.2 Falsi allarmi

I sistemi di allarme emettono allarmi di maremoto sulla base di certi parametri: essenzialmente parametri sismici, ma anche misure di altezza dell'onda in mare aperto, ecc. Ognuno di questi parametri o misure potrebbe far scattare un allarme che, alla fine, si scopre essere falso. Falsi allarmi ripetuti, comunque, possono portare agli effetti di gridare "Al lupo, al lupo!", cioè potrebbero indurre coloro che hanno risposto a troppi messaggi di allarme falsi ad osservare un comportamento non conforme in caso di allarme vero.

La sensibilità di un sistema di allarme è sicuramente una caratteristica delicata: è meglio dare più allarmi falsi di allarmi veri? L'emissione di troppi falsi allarmi può diventare dannosa per la percezione di allarme delle persone. D'altro canto, avere un'onda di maremoto in arrivo a terra senza una precedente detezione da parte di un (esistente) sistema di allarme, potrebbe essere percepito in modo perfino peggioro.

Le autorità responsabili devono ottimizzare le procedure che fanno scattare un allarme maremoto per ridurre drasticamente il numero di falsi allarmi. Un altro passo per "mitigare" gli effetti dei falsi allarmi sarebbe quello di ottimizzare le procedure per la dichiarazione di cessato allarme per ridurre le conseguenze (lasciare le case, lasciare il posto di lavoro, situazioni caotiche per le strade, ecc.). Comunque, sarà anche compito delle autorità promuovere nella popolazione la cultura del rischio e dell'autoprotezione che considera che un falso allarme sia molto preferibile di un vero allarme mancato.

Le autorità locali potrebbero anche sperimentare schemi di allarme con codici di colori (vedi anche il capitolo 4.7.3), che permetterebbero di emettere diversi livelli di allarme. Il vantaggio di questo approccio è la flessibilità di emettere un allarme senza creare troppi disagi alla popolazione.

Un'altra strada percorribile è di differenziare tra diverse classi di destinatari a seconda dei livelli di allarme: un



livello basso di allarme ( con messaggio solo informativo) potrebbe essere destinato solo alle autorità locali, mentre un livello più alto che implica una risposta immediata potrebbe essere destinato a tutta la popolazione a rischio.

#### **4.7.3 Tempi di allarme molto brevi e molto lunghi**

Possono nascere dei problemi quando i tempi di evacuazione sono molto brevi, cioè passa pochissimo tempo fra il momento in cui l'allarme è lanciato e l'onda di maremoto colpisce. Sono casi molto più difficile da gestire, allo stesso modo di una scossa di terremoto in cui non c'è praticamente tempo per evacuare. Le misure di preparazione dovrebbero concentrarsi soprattutto sull'avere un numero sufficiente di rifugi verticali nelle vicinanze o altre opzioni di mitigazione (per es. dighe ecc.) per prevenire gli effetti delle onde di maremoto.

A proposito dei tempi di evacuazione estremamente corti, si dovrebbe menzionare che la risposta ad un allarme è un processo sequenziale che comprende [Mileti and Sorensen, 1988]:

sentire l'allarme;

capire il contenuto del messaggio di allarme;

credere che l'allarme sia credibile e accurato;

personalizzare l'allarme a se stessi;

avere conferma che l'allarme è vero e che altri vi stanno prestando attenzione;

reagire con un'azione di protezione.

Tutti i punti precedenti possono aumentare il tempo di risposta all'allarme a seconda dei gruppi di popolazione [Mayhorn, 2004], la stagione dell'anno, l'ora del giorno, ecc. Un modo per misurare la risposta ad un allarme è basato sul livello di conferma della ricezione del messaggio originale [Drabek, 1969]. Il livello di conferma aumenta all'aumentare del tempo disponibile prima dell'impatto [Perry et al., 1981] per messaggi ricevuti dai mezzi di telecomunicazione [Dillman et al., 1983; Sorensen, 1992] e per gli allarmi ricevuti dalle sirene [Sorensen, 1992]. I livelli di conferma diminuiscono con la specificità dell'informazione del primo allarme ricevuto [Cutter and Barnes, 1982] e quando l'allarme iniziale viene disseminato dalla polizia e dal personale dei vigili del fuoco che vanno porta a porta o che usano altoparlanti [Sorensen, 1992]. Queste problematiche potrebbero essere comunicate a tutti gli interessati e in particolare alla popolazione quando la si informa del rischio di maremoto.

Nel caso di un tempo utile di allarme estremamente lungo, il problema è la negligenza degli evacuati, che

tendono semplicemente a tornare ai loro posti di lavoro o alle loro case. Se possibile, un sistema di allarme con un codice di colori potrebbe essere utile e permetterebbe una preparazione graduale per l'evacuazione in caso di maremoto. I codici di colore potrebbero essere mostrati su enormi pannelli e dovrebbero idealmente essere collegati ad uno schema di allarme-audio graduale con le sirene. In alcune pubblicazioni, si riferisce che possa essere usato un codice di colori giallo-arancione-rosso. Nel primo caso (ritardo di più di 9 ore) potrebbero essere avvisate la protezione civile o le autorità di alto livello. L'allarme arancione significa che non è stato ancora confermato un serio pericolo di maremoto. L'allarme rosso significa invece un pericolo imminente (ritardo di meno di 3 ore) e costituirà l'allarme "ufficiale" per la popolazione.

#### **4.7.4 Maremoti non identificati**

Esiste la possibilità di non venire informati di un'onda di maremoto. Questo potrebbe essere stato generato da frane finite in mare o da frane sottomarine.

Gestire una tale situazione si avvicina a ciò che è stato menzionato nella sezione 4.1 (assenza di un sistema di allarme). A meno che un sistema di allarme locale sia collegato con un sistema di detezione di frane (come per esempio il caso dell'isola di Stromboli in Italia), la detezione delle onde di maremoto in questo caso diventa estremamente difficile. Ciononostante, ciascuno si può affidare alla propria esperienza e conoscenza (per es. il ritiro del mare) e sulle proprie misure di preparazione (per es. avere rifugi verticali nelle vicinanze, conoscere bene le vie di fuga, ecc.).

## 5 Bibliografia

Comune di Rometta (2008): Piano speditivo di emergenza comunale in caso di "onda anomala" provocata da evento franoso connesso all'attività del vulcano Stromboli, Dipartimento Regionale Protezione Civile Servizio Sicilia Orientale, 2008.

Cutter S., Barnes K. (1982): Evacuation Behavior at Three Mile Island. *Disasters*, 6, pp. 116 - 124.

Dillman D., Schwalbe M., Short J. (1983): Communication behavior and social impacts following the May, 18, 1980, eruption of Mt. St. Helens. In: S.A.C.Keller (Ed.) *Mt. St. Helens One Year Later* (pp. 191 - 198). Cheney, WA: Eastern University Press.

Drabek T. E. (1969): Social processes in disaster: Family evacuation. *Social Problems*, 16, pp. 336 - 349.

EU. Seveso II Directive 1996 (una direttiva europea che chiede ai membri dell'UE di identificare i siti industriali che comportano dei rischi di incidenti importanti). Pubblicato il 24 giugno 1982, modificato il 9 dicembre 1996 ed emendato nel 2003.

FEMA (Federal Emergency Management Agency) (2003): STATE AND LOCAL MITIGATION PLANNING how-to guide: Bringing the Plan to Life. Implementing the Hazard Mitigation Plan. FEMA report n° 386-4.

Garcin M., Prame B., Attanayake N., De Silva U., Desprats J.F., Fernando S., Fontaine M., Idier D., Lenotre N., Pedreros R., C.H.E.R. Siriwardana (2007): A Geographic Information System for Coastal Hazards. Application to a pilot site in Sri Lanka (Final Report). BRGM Open file BRGM/RP-55553-FR, 124 p.

Graehl N., Dengler L. (2008). Using a GIS to Model Tsunami Evacuation Times for the Community of Fairhaven, California. *American Geophysical Union, Fall Meeting 2008*, abstract OS43D-1324.

Gruntfest, E., Huber, C. (1989): Status Report on Flood Warning Systems in the United States. *Environmental Management*, 13, 279-286.

ISO (International Standards Organization) (2008): <http://ioc3.unesco.org/itic/contents.php?id=645>.

Jul S. (2007): Vertical Evacuation Simulation v 1.0. <http://www-personal.umich.edu/~sjul/divearch/vevac/>

Kong, L.: Fourth Session of the Intergovernmental Coordination Group for the Tsunami and Other Coastal Hazards Warning System for the Caribbean and Adjacent Regions (ICG/CARIBE EWS-IV), Martinique, 2009.

Laghi M., Polo P., Cavalletti A., Gonella M. (2007): G.I.S. Applications for Evaluation and Management of Evacuation Plans in Tsunami Risk Areas. *European Geosciences Union General Assembly 2007*, Vienna, Austria.

Leone, F., Denain, J.C., Vinet, F. and Bachri, S. (2006): Analyse spatiale des dommages au bâti de Banda Aceh (Sumatra, Indonésie): contribution à la connaissance du phénomène et à l'élaboration de scénarios de risque tsunami. Scientific report of Tsunarisque (2005-2006) programme.

Leone, F., Lavigne, F., Paris, R., Denain, J.C. and Vinet F. (2010): A spatial analysis of the December 26th, 2004 tsunami-induced damages: Lessons learned for a better risk assessment integrating buildings vulnerability. *Applied Geography*, Volume 31, Issue 1, 363-375, doi:10.1016/j.apgeog.2010.07.009.

Lewin K. (1936). *Principles of topological psychology*. NewYork: McGraw-Hill.

Lindell M., Bolton P., Perry, R., Stoetzel G., Martin J., Flynn C. (1985): Planning Concepts and Decision Criteria for Sheltering and Evacuation. In: *A Nuclear Power Plant Emergency*. Bethesda, MD, Atomic Industrial Forum.

Mayhorn C. (2004): Emerging issues in risk communication: Older Adults and Information Processing of Hazard Warnings, Research Abstract R04-21. Boulder Hazards Workshop. Boulder, CO, Natural Hazard Center, University of Colorado.

Mileti, D., Sorensen, J. (1988): Planning and implementing warning systems. In: M. Lystad (Ed.), *Mental Health Care in Mass Emergencies. Theory and Practice*. (321-345), New York, Brunner/Mazel Psychological Stress Series.

Merati N., Vance T.C., Fabritz J. (2004): WebMap Calculator: IMS based tools for intra and inter-layer calculations and comparisons. 20<sup>th</sup> International Conference on Interactive Information and Processing Systems (IIPS) for Meteorology, Oceanography, and Hydrology, Seattle, WA, 11-15 January 2004.

Ministero degli Interni, Governo della Repubblica dell'India. (2005): Preventive / Protection and Mitigation from Risk of Tsunami. A Strategy Paper.

Nagao I. (2005): Disaster Management in Japan, Fire and Disaster Management Agency (FDMA), Ministry of Internal Affairs and Communication, Presentation as of 28/02/2005, Japan.

NEAMWTS Working Group (2008): Intergovernmental Coordination Group for the Tsunami Early Warning and Mitigation System in the North-eastern Atlantic, the Mediterranean and connected seas (ICG/NEAMTWS). Fifth Session, Athens, Greece, 2008.

Norwegian Geotechnical Institute (2006): Tsunami Risk Mitigation Strategy for Thailand, [www.ccop.or.th/download/pub/tsunami\\_risk\\_sum\\_rp\\_en\\_A4ss.pdf](http://www.ccop.or.th/download/pub/tsunami_risk_sum_rp_en_A4ss.pdf), 2006.

Peiris N. (2006): Vulnerability functions for tsunami loss estimation. First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, Switzerland.

Perry, R. W., Lindell, M. K., Greene, M. R. (1981): *Evacuation Planning in Emergency Management*. Lexington, MA, Lexington Books.

Prathumchai K., Samarakoon L. (2005): Application of Remote Sensing and GIS Techniques for Flood Vulnerability and Mitigation Planning in Munshiganj District of Bangladesh. ACRS2005, Hanoi, Vietnam.

Sorensen, J. (1992): Assessment of the Need for Dual Indoor/Outdoor Warning Systems and Enhanced Tone Alert Technologies, in: The CSEPP, ORNL/TM-12095. Oak Ridge, TN, Oak Ridge National Laboratory.

Tinti, S. Tonini, R., Bressan, L., Armigliato, A., Gardi, A., Guillande, R. (2010): Handbook on Tsunami Hazard and Damage Scenarios,, EUR XXXXX EN, JRCXXXXX, Luxembourg (Luxembourg): OP, 2010

UNESCO IOC Tsunami Programme. (2005): Tsunami Early Warning Systems, Monitoring and Mitigating Tsunami Risk. IOC Expert Missions, May – August 2005.

UNESCO IOC (2008): Tsunami Glossary.IOC Information document No. 1221. Paris, UNESCO.

UNESCO IOC (2009): Tsunami risk assessment and mitigation for the Indian Ocean, Knowing your tsunami risk – and what to do about it. UNESCO – IOC, Manuals and Guides 52, 2009.

US National Science and Technology Council. (2005): Tsunami Risk Reduction for the United states: A Framework for Action. A Joint Report of the Subcommittee on Disaster Reduction and the United States Group on Earth Observations.

Vogt, B. (1990): Evacuation of Institutionalized and Specialized Populations, ORNL/SUB-7685/1 & T23. Oak Ridge, TN, Oak Ridge National Laboratory.

Vogt, B. (1991): Issues in Nursing Home Evacuations, International Journal of Mass Emergencies and Disasters, 9, pp. 247 - 265.

## 6 Appendice

### 6.1 Presentazione del progetto SCHEMA

Il progetto **SCHEMA** (2008-2010) aveva lo scopo di progettare, sviluppare e convalidare una metodologia per valutare l'impatto dei maremoti nel bacino del Mediterraneo, sulle coste Atlantiche e nel Mar Nero. Come sorgente di un potenziale maremoto sono stati considerati sia terremoti sia frane sottomarine.

L'obiettivo principale del progetto era di dimostrare che i dati derivanti dai sistemi di osservazione della terra (Earth observation) permettono di definire regole generali per calcolare le mappe di vulnerabilità, quando, per esempio, eventi di terremoto e maremoto sono combinati. I punti cardine del progetto erano:

- il chiarimento di concetti come vulnerabilità, pericolosità, scenario, per produrre documenti e mappe accessibili e comprensibili dagli utilizzatori finali (protezione civile, addetti alla pianificazione dell'emergenza);
- l'analisi dei limiti della modellazione matematica col fine di valutare il grado di incertezza quando il rischio viene stimato su modelli e non su eventi reali del passato;
- lo sviluppo di una metodologia generale, convalidata dagli utilizzatori finali, per produrre scenari di impatto per maremoti e fenomeni collegati;
- l'estrazione di indicatori di vulnerabilità e di livelli di pericolosità, usati nella metodologia generale, da dati di Earth observation;
- una prima validazione della metodologia su casi reali come ad esempio il maremoto del 2004 in Asia;
- la validazione della metodologia su 5 casi test tipici di diversi ambienti (Portogallo: Setúbal, Marocco: Rabat, Francia: Mandelieu, Italia: Catania, e Bulgaria: Balchik).

I risultati principali di questo lavoro di ricerca sono i seguenti:

**per le organizzazioni di sicurezza civile:** una tecnica globale ed omogenea per valutare i livelli di rischio dei maremoti e dei fenomeni collegati basata su variabili di vulnerabilità intrinseca (altezza degli edifici, tipi di edifici, descrizioni degli abitanti) e su variabili ambientali (densità di edifici per unità di superficie, larghezza delle strade, ...) e, perciò, una tecnica capace di aiutare a sviluppare misure generali di emergenza preventive.

**per gli addetti alla pianificazione del salvataggio:**

un'approfondita e chiara descrizione delle aree accessibili in caso di evento di maremoto, per aiutare gli addetti alla pianificazione di salvataggio a stabilire operazioni efficaci, valutando bene le variabili di vulnerabilità nei momenti in cui si verifica una crisi.

**per i responsabili della protezione civile:** una serie di raccomandazioni relative alle strategie per standardizzare la raccolta dei dati e l'esecuzione degli studi di vulnerabilità, basata su simulazioni di scenari di maremoto, che concentrano gli sforzi nella prevenzione e nella formazione della popolazione nelle aree maggiormente esposte.

**per le compagnie di assicurazione:** utili dati spaziali relativi ai massimi danni degli edifici entro le zone potenzialmente inondate, permettendo così di rispondere a domande come: che livello di premio si deve fissare per l'assicurazione per danneggiamento ad edifici, per danno agli arredi ed altri beni, per l'interruzione delle attività nelle aree a rischio? Qual è il potenziale livello di richieste per un portfolio particolare di un bene assicurato in una data località?

**per i responsabili della pianificazione e della gestione del territorio:** l'approccio di combinare modelli, rilevazioni sul campo e valutazioni di vulnerabilità si dovrebbe usare come input nella pianificazione della gestione della zona costiera, ed anche per costruire o per modificare il costruito esistente lungo una costa esposta ai maremoti.

Materiale ulteriore del progetto è disponibile al sito:

[www.schemaproject.org](http://www.schemaproject.org)





## 6.2 Consorzio di SCHEMA

Logo	Nome o sigla	Stato	Esperienza scientifica	Ruolo nel progetto SCHEMA
	GSC	Francia	Tutti le calamità naturali, valutazione di vulnerabilità, valutazione dei danni, Earth observation. Misure di mitigazione e di riduzione di vulnerabilità.	<b>Coordinatore</b> Metodologia per costruire le mappe GIS della pericolosità naturale e del danno, lavoro sul test site francese.
	Algosystems	Grecia	GIS, gestione delle calamità naturali, valutazione del multirischio.	Divulgazione e riscontro con gli utilizzatori. Lavoro sulla simulazione di evacuazione.
	Hidromod	Portogallo	Modellazione della propagazione dell'onda, pianificazione della risposta all'emergenza.	Modellazione di maremoti, lavoro sul test site portoghese.
	UNIBOL	Italia	Osservazioni di maremoti, meccanismo di generazione, modellazione, valutazione della pericolosità e del rischio.	Definizione della metodologia, modellazione di maremoti, lavoro sui test site italiano e francese.
	UNICOV*	Gran Bretagna	Valutazione del rischio, della vulnerabilità, della capacità, sviluppo di scenari.	Valutazione della vulnerabilità in caso di maremoto, gestione della crisi, riscontro degli utilizzatori.
	NOA-GI	Grecia	Monitoraggio di terremoti, valutazione di pericolosità sismica e di maremoto, studi sulle sorgenti sismiche e dei maremoti, modellazione di maremoti e mappatura del rischio.	Definizione della metodologia, modellazione di maremoti, lavoro sul test site bulgaro.
	CRTS	Marocco	Earth observation per la mappatura della pericolosità del Marocco, valutazione di vulnerabilità.	Valutazione della vulnerabilità, lavoro sul test site marocchino.
	ACRI-ST	Francia	Dinamica dei fluidi, geofisica, modellazione oceanica, monitoraggio e previsioni di processi ambientali, sistemi di Earth observation integrati on-line.	Definizione della metodologia, modellazione di maremoti, lavoro sul test site marocchino, contributo al lavoro sul test site francese.
	SRI-BAS	Bulgaria	Earth remote sensing, sistemi di bordo, Geoinformatica.	Valutazione della vulnerabilità, lavoro sul test site bulgaro.
	JRC-IPSC	Commissione Europea	Valutazione di pericolosità e di prevenzione, valutazione di vulnerabilità, valutazione delle esigenze degli utilizzatori.	Divulgazione e riscontro con gli utilizzatori. Lavoro sui piani di evacuazione.
	TUBITAK – MRC-EMSI	Turchia	Mappatura e valutazione della pericolosità sismica e dei maremoti, monitoraggi di osservabili geofisici, modellazione dei processi naturali.	Scambio di esperienze sul lavoro in corso relativo a terremoti e maremoti in Turchia, riscontro con gli utilizzatori locali.

\* Questo partecipante si è ritirato nel corso del progetto.

### 6.3 Classificazione degli edifici a seconda della loro vulnerabilità

Per valutare la vulnerabilità degli edifici, il primo passo consiste nell'adottare una descrizione standardizzata dei tipi di edificio per qualificare tutte o quasi tutte le costruzioni sulla costa esposte ai maremoti. Dopo il maremoto del 26 dicembre 2004, vari autori (Leone et al., 2006; Peiris, 2007; Garcin et al., 2007; Reese et al., 2007) hanno proposto tipologie di edifici per elaborare delle funzioni di vulnerabilità. La tipologia di edifici proposta dal Consorzio del progetto SCHEMA deriva principalmente da Leone et al. (2006), ma è stata completata e ampliata per renderla più generale e per comprendere almeno tutte le costruzioni presenti nei cinque test site del progetto SCHEMA.

Sono state definite quattro classi principali di edifici (divise in sottoclassi) sulla base delle loro caratteristiche strutturali di resistenza, come in Tabella 5:

- I. costruzioni leggere;
- II. costruzioni in muratura, ma non in cemento armato;
- III. costruzioni in cemento armato;
- IV. altre costruzioni.

**Tabella 5:** Classi di vulnerabilità degli edifici

Classe		Tipo di edificio	Numero di piani
I. Costruzioni leggere	A1	Costruzioni leggere sulla spiaggia o di fronte al mare in <i>legno, argilla</i>	Da 0 a 1 piano, raramente 2
	A2	Costruzioni molto leggere prive di un progetto specifico Capanne molto rudimentali, costruite usando <i>legno o argilla, lastre di zinco</i> .	1 solo piano
II. Muratura e cemento non armato	B1	<i>Mattoni non rinforzati, cemento, malta, pietre naturali, muratura</i>	Da 1 a 2 piani
	B2	Costruzioni leggere e molto concentrate: <i>legno e argilla</i>	Da 1 a 2 piani
	C1	Edifici individuali e ville: <i>mattoni con pilastri rinforzati emuri con malta o calce</i>	Da 1 a 2 piani
	C2	Edifici con muri di <i>pietra lavica</i> , solitamente squadriati, in alternanza a <i>mattoni di argilla</i>	Da 1 a 2 piani
	D	Grandi ville o edifici collettivi, edifici residenziali o commerciali: <i>cemento non armato</i>	Da 1 a 3 piani
III. Cemento armato	E1	Strutture residenziali o collettive o uffici, parcheggi, scuole: <i>cemento armato, struttura in acciaio</i>	Da 1 a 3 piani
	E2	Strutture residenziali o collettive o uffici, parcheggi, scuole, torri: <i>cemento armato, struttura in acciaio</i>	> 3 piani
IV. Altro	F	Porti e edifici industriali, hangar: <i>cemento armato, struttura in acciaio</i>	indifferenziato
	G	Altri edifici amministrativi, storici, religiosi	indifferenziato

## 6.4 Classificazione dei danni degli edifici

Il livello di danno degli edifici può essere classificato per mezzo di una scala qualitativa con intensità crescente, da nessun danno al crollo completo. In SCHEMA è stata adottata una scala di 6 gradi sulla base dei lavori di Leone et al. (2010), Peiris (2007) e Garcin et al. (2007), mostrata in Tabella 6. Viene anche indicato il possibile utilizzo degli edifici nel periodo di emergenza immediatamente dopo il disastro (colonna 3) e quanto ci si aspetta che siano efficienti le tecniche satellitari di osservazione nella detezione e valutazione del livello del danno (colonna 4).

**Tabella 6:** Livelli di danno degli edifici

Livello di danno	Danni alla struttura	Uso come rifugio / uso dopo la crisi	Detezione per mezzo di sistemi di Earth observation
<b>D0</b> Nessun danno	Nessun danno significativo	Rifugio / occupazione immediata	Nessun segno visibile di danni all'edificio e all'ambiente circostante. L'assenza dei danni non può essere dimostrata con la sole immagini prese dallo spazio.
<b>D1</b> Danno lieve	Nessun danno strutturale o danni minori, riparabili: <i>crepe dell'intonaco, crepe minori visibili, danni a porte e finestre.</i>	Rifugio / occupazione immediata	Visibile a mala pena
<b>D2</b> Danni importanti	Danni importanti, ma nessun danno strutturale: <i>spostamento fuori piano o crollo di parti di sezioni di muro o di pannelli senza compromettere l'integrità strutturale, lasciando le fondamenta parzialmente esposte.</i>	Evacuazione / inagibile, ma adatto all'occupazione dopo un restauro	Danni al tetto difficilmente visibili. Altri danni non visibili
<b>D3</b> Danni gravi	Danni strutturali che potrebbero minare la stabilità dell'edificio: <i>spostamento fuori piano o crollo di murature, crollo parziale di pavimenti, eccessiva erosione del terreno di fondazione e crollo di sezioni di strutture</i>	Evacuazione / necessaria la demolizione poiché inagibile	Non o difficilmente visibile se i tetti sono al loro posto
<b>D4</b> Crollo parziale	Danni gravi che compromettono l'integrità strutturale, crollo parziale dell'edificio.	Evacuazione / necessaria una completa demolizione	Visibile
<b>D5</b> Crollo	Crollo completo: <i>fondamenta e piastre di fondazione visibili de esposte.</i>	Evacuazione	Molto visibile



**Figura 23:** Esempi di danni causati agli edifici dalle onde di maremoto con associazione al livello di danno definito nella matrice proposta in Tabella 6.

Le figure si riferiscono agli effetti del maremoto disastroso del 2004 nell'Oceano Indiano (fonti: Leone et al. 2010, Peiris, 2007 e Garcin et al., 2007).

## 6.5 Questionario usato per lo studio condotto a Setúbal

Nell'ambito di un progetto europeo, il consorzio di SCHEMA ha studiato l'impatto di un maremoto nella regione di Setúbal. Il questionario che le chiediamo di completare ha l'obiettivo di analizzare la percezione del rischio e la conoscenza di questo fenomeno per gli abitanti della regione. Le risposte al questionario sono anonime e confidenziali. La sua collaborazione permetterà alle autorità pubbliche di integrare le sue opinioni su questo argomento. Se desidera ottenere più informazioni a proposito di questo progetto, può consultare il sito [www.schemaproject.org](http://www.schemaproject.org)

1. Secondo la sua opinione, quali sono i principali rischi naturali ambientali a Setúbal?

---

2. Ha sentito il terremoto del 17 dicembre? a. Sì ☐ b. No ☐

3. Come ha reagito? Che cosa ha fatto?

---

4. Ha pensato alla possibilità di un maremoto? a. Sì ☐ b. No ☐

5. Secondo la sua opinione, un terremoto potrebbe causare danni o altre conseguenze negative a Setúbal?  
a. Sì ☐ b. No ☐

6. Che tipo di danni e conseguenze possono verificarsi? \_\_\_\_\_

(crollo di edifici, feriti, morti, disordini sociali, maremoti, problemi economici,...)

7. Dopo un terremoto, di cosa avrebbe più paura?

---

8. Secondo la sua opinione, la città di Setúbal è preparata ad affrontare :

Un'inondazione      Sì ☐      No ☐      Più o meno ☐      Non lo so ☐

Un terremoto      Sì ☐      No ☐      Più o meno ☐      Non lo so ☐

Un maremoto      Sì ☐      No ☐      Più o meno ☐      Non lo so ☐

9. Conosce le istruzioni da adottare in caso di?

Terremoto      a. Sì ☐ b. No ☐ Quali: \_\_\_\_\_

Maremoto      a. Sì ☐ b. No ☐ Quali: \_\_\_\_\_

10. Pensando al momento attuale, per lei un maremoto è:

Un evento probabile      Sì ☐      No ☐      Non lo so ☐

Un argomento di cui parliamo tra di noi      Sì ☐      No ☐      Non lo so ☐

Un evento per cui è necessario prepararsi      Sì ☐      No ☐      Non lo so ☐

Ora, guardando questa mappa, le chiediamo di indicare le seguenti informazioni.

11. Con una matita rossa, indichi:

a. Dove abita (la segnali con una "C").

b. Dove lavora o dove passa la maggior parte del giorno (la segnali con una "T").

c. Dove va regolarmente (una opzione): \_\_\_\_\_ (per es.: negozi, scuola, spiaggia. La segnali con una "R").

12. Secondo la sua esperienza, quali sono le zone che vengono frequentemente inondate ? (indichi la risposta con la matita verde.)



**13.** Fino a dove pensa che potrebbe arrivare un maremoto? Disegni i limiti dell'area che potrebbe essere inondata (matita verde).

**14.** Un luogo sicuro in caso di maremoto è un luogo che permette alle persone di proteggersi dalle onde. In caso di minaccia di maremoto, quali sono, nella sua opinione, i luoghi che considera sicuri? Indichi i luoghi nella mappa con la matita azzurra.

Perché? \_\_\_\_\_

**15.** Con la matita azzurra, tracci il percorso che seguirebbe per arrivare a questi luoghi sicuri se fosse :

- a. A casa
- b. Al lavoro
- c. Al posto segnalato con "R"

**16.** Che mezzi di trasporto pensa che potrebbe utilizzare per arrivare a questi luoghi sicuri e quanto tempo ci metterebbe per raggiungere un luogo sicuro?

- a. C :..... min .....
- b. T :..... min .....
- c. R :..... min .....

**17.** Immagini che avvenga un terremoto. Cosa fa?  
(risposta spontanea; indichi al massimo due opzioni.)

- a. ☐ Esco dall'edificio dove sono
- b. ☐ Non esco dall'edificio dove sono perché ho fiducia nella sicurezza dell'edificio
- c. ☐ Provo a proteggermi seguendo le istruzioni ufficiali di protezione che conosco
- d. ☐ Telefono ai miei familiari
- e. ☐ Corro immediatamente a prendere i miei figli a scuola
- f. ☐ Rimango fermo e paralizzato finché non cessano le scosse del terremoto
- g. ☐ Penso alla possibilità di un maremoto
- h. ☐ Ascolto la radio
- i. ☐ Aspetto le raccomandazioni ufficiali
- j. ☐ Altro: \_\_\_\_\_

**18.** Proteggere me stesso e la mia famiglia da un maremoto dipende da (indichi al massimo due opzioni):

- a. ☐ da me
- b. ☐ da un allarme dato in tempo
- c. ☐ dalle politiche precedenti condotte dalle autorità
- d. ☐ da Dio
- e. ☐ dal posto dove mi trovo
- f. ☐ dalla qualità dell'edificio
- g. ☐ da un piano familiare precedente
- h. ☐ dal supporto delle organizzazioni locali
- i. ☐ non posso fare niente

**19.** Secondo la sua opinione, in caso di maremoto, un luogo sicuro è (indichi al massimo due opzioni):

- a. ☐ Un posto di raccolta-persone
- b. ☐ Un posto facile da raggiungere
- c. ☐ Un posto lontano dal mare
- d. ☐ Un posto lontano dagli edifici
- e. ☐ Un posto alto

**20.** Qual è il mezzo di comunicazione/media più utilizzato a Setúbal?

**21.** Qual è il mezzo di comunicazione che lei utilizza di più?

**22.** In una situazione di emergenza come un terremoto, un'inondazione o un maremoto, chi dovrebbe dare l'allarme e le informazioni?

**23.** Qual è il mezzo di comunicazione più efficace per avvisare il massimo numero di persone? (domanda aperta): \_\_\_\_\_

- ☐ la radio. Se sì, quale?
- ☐ la TV
- ☐ il cellulare
- ☐ il telefono
- ☐ altoparlanti
- ☐ sirene
- ☐ radioamatori
- ☐ informazione immediata al posto di lavoro
- ☐ altro:

**24.** Che tipo di informazione sarebbe più importante ricevere in caso di allarme di maremoto (indichi al massimo due opzioni):

- a. ☐ il rifugio a cui dirigersi
- b. ☐ Il tempo che rimane dall'impatto del maremoto
- c. ☐ le strade accessibili
- d. ☐ le zone pericolose da evitare

**25.** Le piacerebbe partecipare a riunioni locali di lavoro sul piano di evacuazione in caso di maremoto?  
a. Sì ☐ b. No ☐

**26.** Qual è l'organizzazione che, in accordo con le sue competenze e con i suoi compiti, dovrebbe occuparsi della preparazione di un piano di evacuazione? \_\_\_\_\_

**27.** Perché? \_\_\_\_\_

**28.** Nel suo quartiere (di casa o di lavoro nella zona a rischio maremoto), qual è la persona o l'organizzazione che, in accordo con le sue competenze e con la fiducia che lei le dà, dovrebbe occuparsi della preparazione di un piano di evacuazione?

*Per favore, risponda a queste ultime domande:*

**29.** Lei è: a. ☐ un uomo b. ☐ una donna

**30.** Quanti anni ha: \_\_\_\_\_

**31.** Qual è la sua professione? \_\_\_\_\_

**32.** A che piano abita? a. ☐ piano terra b. ☐ 1° c. ☐ 2° d. ☐ 3° e. ☐ altro

**33.** Lavora : ☐ fuori da un edificio ☐ all'interno di un edificio

**34.** A che piano? a. ☐ piano terra b. ☐ 1° c. ☐ 2° d. ☐ 3° e. ☐ altro

**35.** Vive :

- a. ☐ da solo b. ☐ in coppia c. ☐ solo con i miei figli
- d. ☐ in coppia con i miei figli e. ☐ con altre persone

**36.** Va a prendere abitualmente i suoi figli a scuola?

**37.** Da quanto tempo vive a Setúbal ? \_\_\_\_\_

**38.** Da quanto tempo vive nel quartiere dove vive oggi ? \_\_\_\_\_

## 7 Elenco delle Figure

Figura 1: rifugio di emergenza (prefettura di Mie, Giappone da <a href="http://www.nda.ac.jp/~fujima/maldives-pdf/contents/chapter5.pdf">http://www.nda.ac.jp/~fujima/maldives-pdf/contents/chapter5.pdf</a> ). .....	9
Figura 2: piattaforma sopraelevata usata sull'isola di Okushiri ( <a href="http://ioc3.unesco.org/itic/printer.php?id=20">http://ioc3.unesco.org/itic/printer.php?id=20</a> ) .	9
Figura 3: chiuse sull'isola di Okushiri ( <a href="http://ioc3.unesco.org/itic/printer.php?id=20">http://ioc3.unesco.org/itic/printer.php?id=20</a> ). .....	9
Figura 4: Parti di mappa di evacuazione della città di Depoe Bay (a sinistra) e Brookings (a destra), in Oregon, Stati Uniti (da <a href="http://www.oregon.gov">http://www.oregon.gov</a> ). .....	10
Figura 5: Pianta con elementi di scenario per l'emergenza [Comune di Rometta, Sicilia, 2008]. .....	11
Figura 6: Entità dell'inondazione (area campione di Rabat, Marocco) .....	14
Figura 7: Valutazione dei danni agli edifici e massimo livello del mare per lo scenario del terremoto di Lisbona del 1755 (area campione di Rabat, Marocco) – Copyright Quickbird image, 2008-09-28, res: 0.63m. ....	14
Figura 8: Approccio iterativo per la pianificazione dell'evacuazione. ....	15
Figura 9: Schema generale per la pianificazione dell'evacuazione .....	18
Figura 10: Suddivisione del territorio in zone, ognuna servita da un rifugio verticale (caso dell'area campione di Mandelieu, trattata nel progetto SCHEMA) .....	21
Figura 11: Mappa delle classi di distanze dal rifugio più vicino (caso dell'area campione di Mandelieu); in questo esempio, le aree colorate dal giallo al rosso coincidono con i segmenti di strade più distanti. ....	21
Figura 12 (a, b): Attribuzione delle sotto-aree all'interno di una zona critica corrispondenti a ogni punto di fuga (area campione di Cannes-Mandelieu. Ogni sotto-zona è rappresentata da un colore diverso) .....	22
Figura 13: Mappa della distanza in tempo di una zona critica dal punto di fuga più vicino (area campione di Mandelieu) .....	22
Figura 14: segnali inseriti nello standard ISO 20712 che mostrano la zona di evacuazione in caso di maremoto e i rifugi orizzontali e verticali. ....	23
Figura 15: segnali di evacuazione approvati dagli standard ISO lungo una via di evacuazione specifica. ....	23
Figura 16: Cartelli stradali permanenti di via di evacuazione negli Stati Uniti (cartelli obsoleti) .....	24
Figura 17: La sezione "Cosa sapere e cosa fare per i maremoti" di un opuscolo (NB il cartello è obsoleto) .....	25
Figura 18: Mappa di evacuazione in un opuscolo delle contee di Aberdeen e Hoquiam lungo le coste dello stato di Washington, Stati Uniti. ....	25
Figura 19: Esercitazione di evacuazione di studenti (La Push County, Washington, USA). ....	26
Figura 20: Esercitazione di evacuazione a La Push (costa di Washington) in alto (a) e ad Andaman (Tailandia), in basso (b). ....	26
Figura 21: Interazione tra gli attori. ....	34
Figura 22: Comunicazione tra gli attori e grado di soddisfazione. ....	34
Figura 23: Esempi di danni causati agli edifici dalle onde di maremoto con associazione al livello di danno definito nella matrice proposta in Tabella 6. ....	47

## 8 Elenco delle Tabelle

Tabella 1: Matrice decisionale (livelli di allerta) come suggerito dal gruppo di lavoro del NEAMTWS. ....	13
Tabella 2: Punti da considerare e controlli nella fase 2. ....	28
Tabella 3: Suggerimenti per la revisione di un piano di evacuazione esistente .....	28
Tabella 4: Fattori che facilitano la preparazione ai maremoti e fattori che la ostacolano .....	37
Tabella 5: Classi di vulnerabilità degli edifici. ....	46
Tabella 6: Livelli di danno degli edifici. ....	47

**EUR 24707 IT – Joint Research Centre – Istituto per la Protezione e la Sicurezza dei Cittadini**

Titolo: Manuale per la pianificazione dell'evacuazione in caso di tsunami

Autori: S. Scheer, A. Gardi, R. Guillande, G. Eftichidis, V. Varela, B. de Vanssay, L. Colbeau-Justin

Luxembourg: Publications Office of the European Union

2011 – 54 pp. – 21 x 29.7 cm

EUR – Scientific and Technical Research series – ISSN 1018-5593

ISBN 978-92-79-19088-9

doi:10.2788/34651

**Abstract**

Questo lavoro ha lo scopo di fornire informazioni pratiche e accurate ed una metodologia onnicomprensiva per realizzare piani di evacuazione in caso di maremoto. A tal fine, ai responsabili delle comunità locali viene fornita una guida dettagliata per implementare un piano di evacuazione efficace in tre passi successivi: la definizione di un primo progetto per un piano di evacuazione, la revisione a medio e lungo termine e l'integrazione.

La valutazione del rischio locale di maremoto e tutte le implicazioni conseguenti per la pianificazione dell'evacuazione sono basate su (1) la conoscenza dell'altezza dell'onda di maremoto attesa, e (2) il tempo di arrivo atteso della prima onda distruttiva di maremoto. Il primo parametro aiuta a calcolare l'estensione dell'area a rischio; il secondo parametro fornisce un'indicazione su quanto rapide debbano essere le misure di evacuazione. L'evacuazione richiede la definizione di una rete di strade o percorsi appropriati. In questo contesto, se necessario, la metodologia prevede anche la progettazione di eventuali vie di fuga aggiuntive e/o di siti di sicurezza.

La metodologia spiega inoltre come implementare un progetto valido per un piano di evacuazione con la segnalazione delle vie di fuga e dei rifugi identificati, e come comunicare tutte queste informazioni alla popolazione interessata. Una volta predisposto, il piano di evacuazione deve essere tenuto aggiornato costantemente attraverso revisioni periodiche di medio termine e le autorità devono garantire di adottare misure appropriate. La revisione a lungo termine infine tiene conto di tutte le altre informazioni necessarie al corretto svolgimento del piano di evacuazione: integrazione con i sistemi di primo allarme (early-warning), integrazione con altri piani di emergenza, controllo degli obblighi legali.

Il manuale inoltre presenta i risultati raccolti durante le interviste di persone potenzialmente a rischio di maremoto nella città di Setúbal, in Portogallo, e si conclude menzionando le limitazioni e le difficoltà che si possono incontrare durante la progettazione di un piano di evacuazione.

Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto SCHEMA (SCenarios for Hazard-induced Emergencies Management, [www.schemaproject.org](http://www.schemaproject.org)), cofinanziato dal programma europeo FP6. La descrizione degli scopi del progetto, dei risultati ottenuti e la lista dei partecipanti si trovano in appendice



### **Come ottenere le pubblicazioni dell'UE**

Le nostre pubblicazioni sono disponibili a pagamento alla libreria dell'UE (<http://bookshop.europa.eu>), dove si possono ordinare con un agente di vendita a sua scelta.

L'Ufficio Pubblicazioni ha una rete mondiale di agenti di vendita. Si possono ottenere i loro contatti mandando un fax al (352) 29 29-42758.

La missione del JRC è di fornire supporto scientifico e tecnico a seconda delle richieste degli utenti per la concezione, lo sviluppo, l'implementazione e il monitoraggio delle politiche europee. Al servizio della Commissione Europea, il JRC è un centro di riferimento per la scienza e la tecnologia nell'Unione. Fornendo supporto a tutti gli operatori della politica serve gli interessi comuni degli Stati Membri, rimanendo allo stesso tempo indipendente da interessi particolari sia privati che nazionali.

